



**REVISTA VIRTUAL  
REDESMA**

Red de Desarrollo sostenible y Medio Ambiente



# Cambio climático y salud ambiental

Enero 2010 - Vol. 3 (3)

# Presentación

Hablar de Cambio Climático y Salud Ambiental, para mí es recordar el trabajo realizado por Gro Harlem Brundtland, mujer, que después de trabajar varios años como médica, y haberse desempeñado en puestos del Consejo de Salud de su país, ocupó los cargos de Ministra del Medio Ambiente, y de Primera Ministra de Noruega, para posteriormente trabajar con la ONU el documento "Nuestro Futuro en Común" y luego constituirse en Directora de la Organización Mundial de la Salud, promoviendo el concepto de sostenibilidad.

La recuerdo, porque el haber leído el Informe que elaboró denominado "Nuestro Futuro en Común" cambió mi forma de ver la salud y el desarrollo y me motivó el querer trabajar en salud ambiental. Además de presentar el concepto de "Desarrollo Sostenible", dicho documento hacía referencia a la necesidad urgente de cambiar las formas de vida y los medios de producción; si esto no se hacía de forma urgente, la humanidad podía estar enfrentando situaciones desastrosas alrededor del año 2015, que podrían empeorar al año 2050 y llegarían a afectar la supervivencia del ser humano. En este documento, la Dra. Brundtland trataba de mostrar las consecuencias de la acción y la inacción frente a este problema, a la vez que trataba de promover cambios en las instituciones y organizaciones buscando llegar hasta un cambio de conducta a nivel personal. Dicho informe fue la razón para que se convocara en 1992 a la "Conferencia de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en Río de Janeiro" en la que participaron 120 Jefes de Estado.

Diez y siete años después, nos encontramos frente a la Cumbre de la Organización de Naciones Unidas sobre Cambio Climático que se llevará a cabo en Copenhague, en la cual se espera que los países que producen más emisiones a nivel mundial, EUA y China "se comprometan a reducir sus emisiones". El deseo común es que se lleguen a acuerdos concretos; sin embargo la tendencia hacia el escepticismo es cada vez mayor, debido a que los gobiernos de los países, o más bien los intereses que están detrás de ellos continúan viendo el gasto que implica el asumir estos compromisos y mientras, continúan tratando de dilatar el asumir este tema con la seriedad que se debería. Más aún, los que se dicen comprometidos y hacen gala de ello, no han asignado más que muy reducidas proporciones de su PIB, y las reducciones de su nivel de emisiones significativas si para tener autoridad moral, no son suficientes para lo que esta amenaza global significa, más aún en un escenario de crisis financiera mundial.

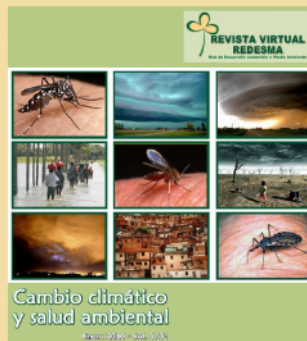
En un balance del tiempo transcurrido desde la alerta lanzada, vemos que esta no ha tenido el impacto esperado a nivel global, pero sí ha servido para que algunas personas e instituciones hayan asumido este tema no sólo como medio de vida sino como su forma de vivir, contribuyendo a crear una masa crítica cada vez mayor, que busca nuevas formas de ver y hacer las cosas e influir en los intereses que no entienden; o no quieren entender que ante situaciones urgentes como esta, se debe dejar de negociar y es necesario comenzar a ceder y hacer. No sirve el "Copenhague descafeinado" como dice Xavier Labandeira, sino que en verdad se asuma que este reto es un problema que nos atinge a todas y todos.

La salud ambiental, concepto muy reciente para los de mentalidad conservadora es lo que está en juego a nivel global, no solo en Copenhague, sino en los años por venir.

Estos son los temas que lanza REDESMA en este número de la Revista, en un momento oportuno, ya que además de permitirnos reflexionar sobre el tema a nivel global, nos "globaliza" con elementos importantes de conocimiento y herramientas, que en la medida que las internalicemos y utilicemos pueden contribuir a reorientar estrategias e innovar mecanismos en cuanto al ámbito del Cambio Climático y la Salud Ambiental en el mundo real que nos toca vivir.

Insto a lectores/lectoras, a profundizar en el conocimiento de este tema, no sólo en la teoría sino también en la práctica, considerando que así como el cambio climático es multicausal, la salud ambiental es multidisciplinaria, y el ser humano es un ser integral.

Pablo Aguilar Alcalá, MD, MsC  
Salud Pública y Salud Ambiental  
Madrid, España



**Revista Virtual REDESMA**  
Enero 2010  
Vol. 3(3)

**Cambio Climático  
y Salud Ambiental**

**responsables**

José Blanes  
Diego De la Quintana

**editora**

Marthadina Mendizábal

**consejo editorial**

Carlos Arze  
José Blanes  
Marianela Curi  
Eduardo Forno  
Nicolo Gligo  
José Leal  
Pablo Pacheco  
Rafael Navarro

**diseño**

Marcelo Pinto  
Manuel Rebollo

**foto de portada**

detalle de créditos  
en la página 4

## Índice

### **Prólogo:**

**Cambio climático y salud ambiental ..... 5**

### **Natural and unnatural synergies:**

**climate change policy and health equity ..... 9**

### **Climate change and**

**social determinants of health: two interlinked agendas ..... 15**

### **El cambio climático y las**

**enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional ..... 21**

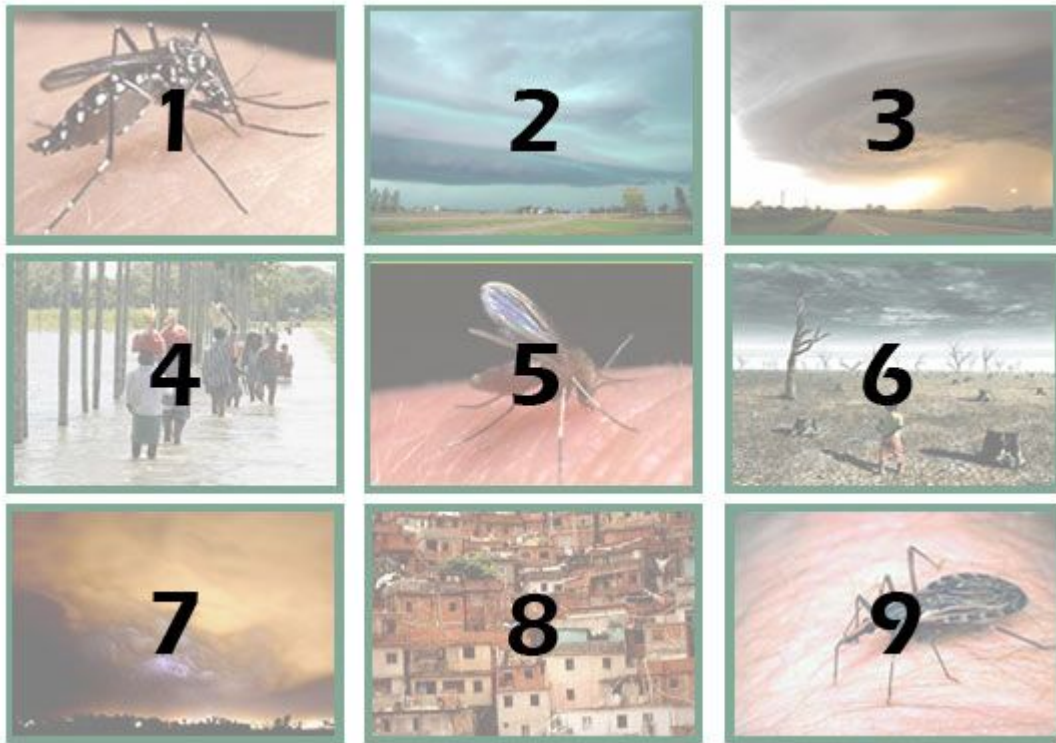
### **Cambio climático y**

**enfermedades infecciosas. Un nuevo escenario epidemiológico ..... 39**

**Crisis del ozono y crisis climática: similitudes y diferencias ..... 49**



## Créditos por las fotografías de portada



1. El mosquito *Aedes aegypti*, transmisor o vector de los virus del dengue. Cortesía PLAGBOL.
2. Fuente: <http://www.lobosolitario.com>
3. Fuente: <http://www.lobosolitario.com>
4. Fuente: <http://www.bloginmigrantes.com>
5. Mosquito del género *Lutzomyia*, vector de la leishmaniasis. Fuente: <http://bvsm.s.saude.gov.br>
6. Fuente: <http://www.destinosblog.es>
7. Fuente: <http://www.lobosolitario.com>
8. Fuente: <http://www.odinismo.com>
9. Vinchuca (*Antoniushuradin triposoma*), transmisor de *Tripanosoma cruzi*, causante del mal de chagas. Cortesía PLAGBOL

# Prólogo: Cambio climático y salud ambiental

---

por Marthadina Mendizabal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Marthadina Mendizábal, Economista ambiental, tiene Maestrías de las Universidades La Sorbona y Católica de Chile. Es autora de diversos libros sobre temas ambientales.

Cuando Hipócrates planteó hace unos 2.600 años atrás lo que se conoce como “postulado hipocrático”, la humanidad no podía ni lejanamente concebir las manifestaciones adversas de la relación entre salud y medio ambiente. El postulado establece que la salud de un individuo o el patrón de salud/enfermedad de una comunidad es función del equilibrio entre el medio ambiente y el estilo de vida. La relación comenzaría a reflejar las primeras manifestaciones adversas sólo cuando el accionar de la especie humana fuera de tal magnitud en el medio ambiente, que ponga su propia supervivencia en peligro. De hecho, ninguna especie viva, excepto la humana, es capaz de hacerlo, sobrepasando la capacidad de carga del ambiente en el que se desarrolla, y degradándolo al extremo de ocasionar rupturas en los mecanismos naturales. Cuando esto sucede, el riesgo para la inserción durable de los propios habitantes del planeta es inminente.

Este peligro nos ha llevado a reconocer que la naturaleza funciona con sus propios mecanismos de regulación; en virtud de estos, las condiciones naturales se reproducen, pero lo hacen dentro de sutiles límites físicos, químicos y biológicos. Similar noción de umbrales están también presentes en el organismo de los seres humanos a nivel de individuo, poblaciones y comunidades. Que la resiliencia natural y la resiliencia humana estén sujetas a leyes inmutables comunes no es de extrañar si se considera que ambas, como parte del medio ambiente total, son parte de la Creación. Entonces, cuando el volumen de la agresión humana en el medio ambiente es grande, ya sea por efecto acumulación o sinergias de sustancias perturbadoras del sistema, los umbrales son sobrepasados, y se producen en consecuencia, aquellos cambios y rupturas irreversibles.

La ecología humana nos enseña que la humanidad estaba muy bien adaptada a las condiciones ambientales hace unos 10 mil años. Entre otros, estaba adaptada a las condiciones climáticas, en las que el dióxido

de carbono, a diferencia de otros planetas, hace habitable la Tierra, al mantener una temperatura favorable para el desarrollo de la vida. Las condiciones ambientales a las que estaba adaptada la humanidad eran también adecuadas para proteger a la humanidad de la radiación ultravioleta, a través de una capa de ozono alrededor del planeta, y sin la cual, todo vestigio de vida humana habría sido aniquilado.

Pero desde que la humanidad se había adaptado, se sumó a la trayectoria propia del sistema terrestre, el creciente impacto de la actividad humana, para generar un cambio en las condiciones ambientales, en particular, la temperatura del planeta y la radiación ultravioleta. No obstante, el impacto de la actividad humana es ocasionado por las sociedades en diferente grado de contribución. De hecho las mayores contribuciones provienen de patrones productivos y de consumo propios de países que persiguen elevadas tasas de crecimiento económico, o de aquellos que se esfuerzan en mantener elevados niveles de vida. Pero más allá del daño ambiental y el daño económico, el impacto del cambio climático resultante se evidencia sobre el recurso más rico de la naturaleza y el más valioso de las sociedades, el recurso humano; esto es, sobre la salud física y mental y las vidas mismas.

Por razones de recursos técnicos y financieros limitados, las sociedades menos desarrolladas son las más frágiles al cambio climático. Por las mismas razones, procesos económicos y sociales perversos en estos países retroalimentan el impacto: la pobreza, la malnutrición, la urbanización desordenada y la insuficiente provisión de básicos (agua y alcantarillado), todos ellos, profundizados por el estilo de desarrollo transnacional y globalizador adoptado por las sociedades.

Para estas sociedades y para el resto de países que habitan la orbe, el cambio climático está contribuyendo a la carga mundial de morbilidad, pero se prevé que su contribución será mucho mayor en un futuro

cercano. Se ha informado que resurgirán enfermedades nuevas e incluso aquellas que en el pasado ya habían sido erradicadas; enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue, malaria, paludismo, hantavirus o el cólera., chagas, fiebre amarilla, leptospirosis. También se ha previsto que emergerán dolencias que ya no eran consideradas problemas de salud pública y en fin, que se presentarán nuevas enfermedades hasta ahora desconocidas.

Por otra parte, se advierte que el riesgo será mayor en zonas urbanas de residencia de poblaciones de menores ingresos que viven en un habitat precario, insalubre y hacinado... caldo de cultivo para la proliferación de vectores que ponen en peligro a las poblaciones vulnerables, por las condiciones de higiene y de falta de conexión a las redes de servicios básicos. Organismos infantiles desnutridos y ancianos serán el huésped adecuado para facilitar su reproducción. En las zonas rurales, las poblaciones indígenas sin acceso a la información y a centros de salud serían sensibles a los peligros derivados del cambio climático.

Todo esto significa que hay que hacer un llamado de atención sobre la necesidad urgente de encaminar procesos de adaptación a las nuevas condiciones ambientales. Lamentablemente, pese a advertencias ya lanzadas en Río/92 y Johannesburgo/02, muchos países en desarrollo no han ajustado sus políticas a los fenómenos del clima y su variabilidad. Algunos países han adoptado estrategias de salud ambiental; en otros casos, esta estrategia está ausente de la planificación. Algunos países han readecuado el sistema institucional para atender las necesidades emergentes del cambio climático; en otros, el sistema no cubre satisfactoriamente el tema de salud ambiental. La Organización Mundial para la Salud ha puesto a disposición de los gobiernos, suficiente material de apoyo para la formulación de políticas y la organización de la sociedad a través de programas y proyectos. Pero en cambio, la respuesta en materia de salud ambiental infantil frente al cambio climático es aún insuficiente en algunos países.

Estos son los temas que están ampliamente descritos y respaldados por el material seleccionado para el presente número. Hemos seleccionado algunos países que, a través del material incluido en la Revista, describen cómo han concebido el problema y cómo están buscando la adaptación.

No se ha pasado por alto la vulnerabilidad de los grupos en situación de pobreza, frente a los fenómenos climáticos extremos (inundaciones y deslizamientos de tierras) en zonas urbanas no aptas para la urbanización; tampoco el riesgo para poblaciones rurales frente a inundaciones y sequías que las obligará a migrar por la persistencia de los desastres naturales. No obstante, el tema de desastres naturales en relación al cambio climático será desarrollado en ulterior número de la Revista.

Deseamos agradecer a quienes nos han apoyado enviándonos material preparado especialmente para este número. Quisiéramos destacar la contribución de Lucio Muñoz, quien desde Canadá ha venido elaborando aportes para la discusión de los temas abordados, desde el primer número de la Revista. Agradecer también la contribución de Marcos Andrade, Francesco Zaratti y Marilyn Aparicio, todos ellos en Bolivia, quienes también han invertido un tiempo de reflexión para compartir sus puntos de vista y resultados de investigación a través del material para la Revista. Agradecer a la Embajada Británica en Bolivia por su apoyo y auspicio y agradecer finalmente, a todas las instituciones consultadas para reproducir trabajos seleccionados ya publicados en otros medios, y cuyos representantes no han dudado en brindarnos su apoyo.

Esperamos una vez más que la Revista llegue a quienes tienen decisiones pendientes en materia de adopción de medidas que faciliten la adaptación al cambio climático. Y reiteramos una vez más nuestro anhelo de que la Revista sea de plena satisfacción para nuestros lectores.





# Natural and unnatural synergies: climate change policy and health equity

---

by Sarah Catherine Walpole<sup>1</sup>, Kumanan Rasanathan<sup>1</sup> and  
Diarmid Campbell-Lendrum<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Ethics, Equity, Trade and Human Rights, World Health Organization

<sup>2</sup> Department of Public Health and Environment, World Health Organization, Geneva, Switzerland

Source:

*Bulletin of the World Health Organization* 2009;87:799-801.

doi: 10.2471/BLT.09.067116

## Resumen

*El cambio climático y las injusticias en materia de salud representan dos de los mayores desafíos al desarrollo humano en el siglo XXI. A medida que se acerca la Cumbre de Copenhague sobre el cambio climático planificada para diciembre de 2009, existen oportunidades para aprovechar el momento político del cambio climático y así promover la equidad en la salud. Las vastas políticas requeridas para dirigir el cambio climático tienen tanto implicaciones positivas como negativas para la salud y la equidad. Asimismo las intervenciones para reducir los vacíos en materia de salud no necesariamente ayudarán a estabilizar el clima. Las políticas mal diseñadas fácilmente podrían minar tanto los objetivos sobre el clima y la equidad en salud y reducir el apoyo público que permita su puesta en práctica. Este artículo repasa las tensas relaciones potenciales entre la estabilización de clima y la equidad en salud y discute como estas podrían ser resueltas.*

## Abstract

*Climate change and health inequities represent two of the greatest challenges to human development in the 21st century. As the Copenhagen summit on climate change planned for December 2009 approaches, there are opportunities to use the political momentum of climate change to promote health equity. The broad-ranging policies required to address climate change have both positive and negative implications for health and health equity. Similarly, interventions to reduce health gaps will not necessarily help stabilize the climate. Poorly designed policies could easily undermine both climate and health equity goals, and reduce public support for their implementation. This paper reviews the potential tensions between climate stabilization and improving health equity and discusses how these might be resolved.*

**Palabras clave.-** Equidad en la salud, límites ecológicos, carga de enfermedad, estabilización de clima.

**Key words.-** Health equity, ecological limits, disease burden, climate stabilization.

---

## The impact of climate change on health equity

Climate change has major repercussions for the social determinants of health – people's daily living conditions and their access to money, power and resources are strongly influenced by political, economic, environmental, cultural and social factors. Inequalities in these determinants are the major cause of health inequities.

By acting on these social determinants, climate change could greatly exacerbate health inequities,

also highlighting an often neglected aspect of health equity – intergenerational inequity. In 2000, an estimated 150 000 deaths were attributable to climate change and this is likely to increase with plausible temperature rises. The current illness burden overwhelmingly falls on those who have contributed least to the problem, with the poorest one billion people in the world accounting for only 3% of global carbon emissions. Disadvantaged communities have the most vulnerability and least resources to respond to climate change health threats such as increased natural disasters, food and water insecurity and changing disease distribution. For example, the risk of being

affected by weather-related natural disasters is almost 80 times higher in developing countries than in developed countries.

### **Addressing climate change can worsen health equity**

While climate change represents a health burden imposed principally by the rich on the poor, addressing climate change will not necessarily improve health equity. Many promising policies aimed at mitigating climate change by reducing carbon emissions, such as price mechanisms, could easily increase income inequality and worsen health inequities.

For example, the use of a carbon tax in Denmark has been shown to be regressive in terms of income inequality. Carbon taxation schemes discourage carbon emissions by making them more expensive. As a result, raised production costs increase the price of essential items. Despite high-income groups using more carbon and often paying more tax, the proportional financial burden is greater for low-income groups. Decreased spending by low-income groups on essential commodities such as adequate food, heating and health care can lead to negative impacts on health and health equity.

There are similar concerns with carbon trading schemes. Most schemes currently mooted operate at the level of industry and are likely to have inequitable effects on income as producers pass on the costs to consumers. Personal trading schemes, while difficult to implement, could provide revenue for poorer people through the sale of excess carbon allowances to higher emitters. However, poorer people, particularly in high-income countries, are not always the lowest emitters.

Other policy decisions aimed at reducing carbon emissions can also bring unexpected hazards for health equity. For example, the marked recent instability in the cost of basic foods was due to a complex range of factors, but a significant contributor was the shift from food to biofuel production, particularly in

subsidized markets. More locally, in Delhi, changing the fuel source of buses from diesel to liquefied petroleum gas aimed to achieve local and global environmental objectives. However, higher prices pushed poorer passengers to more polluting and dangerous transport, and hampered access to health and other essential services.

Measures to adapt to climate change also pose particular challenges for health equity. Given the high costs of infrastructure and other adaptation measures, poor countries and communities are likely to be the least able to implement protective measures. This poses similar risks for adaptation as those that exist with some health promotion strategies. Rich communities are likely to be able to implement adaptation measures before poorer communities and this will increase health gaps.

### **Improving health equity can worsen climate change**

Equally, policy that aims to improve health inequity can easily worsen climate change. It is undeniable that, for many countries with very poor health status, economic development is a necessity to reduce inequities. The improvements in health status seen in many east Asian countries over the past 40 years have been accompanied by economic development and increased carbon emissions. If other countries follow this path, even using the best available technology, construction of basic infrastructure in housing, sanitation, roads and communications will require significant carbon emissions.

To stay within ecological limits and prevent serious destabilization due to climate change, on average no more than two tonnes of carbon dioxide per person must be generated per year. Yet the average American emits 20 tonnes and the average Chinese nearly four tonnes. To deny poorer countries economic development using carbon-based fuel gives rise to charges of hypocrisy on the part of developed countries. Many developing countries resist committing to

emissions reductions which seem incompatible with the improvements in living conditions essential to improving health equity.

### **“Co-benefits” are achievable**

Despite these tensions, there are potential synergies between improving health equity and addressing climate change. Health equity gains from economic development in poorer countries will be unsustainable without climate stabilization. Mitigation of climate change, without undermining poverty alleviation, is therefore a pre-condition for health equity in coming decades.

Clear mutual “wins” can already be identified. Policies that promote safe, affordable and accessible use of active transport – public transport, cycling and walking – over the use of private motorized transport have health equity gains as well as value in climate change mitigation. Such policies can reduce the health burden from air pollution and motor vehicle injury and, by increasing physical activity, reduce cardiovascular disease, cancer and mental illness, all of which are health threats that show large disparities between different groups.

Improved housing also provides great potential for health equity and climate change co-benefits. Incomplete household combustion of coal and biomass in low-income countries causes 2.7% of the global disease burden, mainly from respiratory disease. Shifting to cleaner energy sources is expected to both reduce emissions of black carbon, a potent greenhouse gas, and save large numbers of lives among the poorest. In both high- and low-income countries, energy inefficient housing causes considerable health effects due to cold and dampness. Improving insulation has been a focus of policy to address climate change in many countries. In New Zealand, Kyoto Protocol requirements and research showing the health benefits of insulation together resulted in a commitment for insulation to be installed in all social housing – a clear example of a “win-win” for health equity and climate stabilization.

### **Ensuring synergies**

The Commission on Social Determinants of Health’s call “to bring the two agendas of health equity and climate change together” requires specific attention. The potential tensions between reducing emissions and creating equitable policies require strategies that keep both goals at the forefront to identify and exploit synergies and co-benefits.

Essential conditions for achieving health equity and climate goals can be identified. First, strategies must adhere to key principles, including the fair sharing of burdens embodied in the United Nations Framework Convention on Climate Change’s language of “common but differentiated responsibilities” and the World Health Organization constitution’s declaration that all people have a right to “the highest attainable standard of health”. Principles must also include a commitment to intersectoral action to achieve “health equity and climate change in all policies”. This provides a further driver for the differential approach to mitigation whereby developed countries contract their emissions while developing countries converge theirs to allow the development that is fundamental for health equity.

Second, specific policies need to be carefully designed and assessed. Integrated assessment methods that consider the range of effects on health and health equity can maximize synergies and optimize trade-offs between competing priorities. At the design stage, implementing safeguards and flanking measures, such as recycling revenue from carbon pricing measures, towards health outcomes for disadvantaged groups can help avoid or reduce inequitable effects.

Third, further research and continued monitoring and evaluation of policies are required. Interactions between climate policy and health equity are particularly complex and uncertain. Improving health equity is identified as a broad goal of the currently proposed climate change research agenda. However, few relevant or specific studies exist. As with all policy, implementation will be necessary without full knowledge of effects and unintended consequences. Suc-

cess stories and chastening experiences must be shared rapidly and widely to help decision-makers move towards socially beneficial policies.

The simultaneous pursuit of climate stabilization and health equity is a political as well as a technical challenge, questioning current economic models in terms

of the allocation of resources in society and calling for careful policy design to achieve fairer outcomes. Anyone attempting to improve health equity alongside addressing climate change will need to be as smart as they are well-intentioned.

---

## Referencias bibliográficas

- [1] Friel S, Marmot M, McMichael A, Kjellstrom T, Vågerö D. *Global health equity and climate stabilisation: a common agenda*. Lancet 2008; 372: 1677-83 doi: 10.1016/S0140-6736(08)61692-X pmid: 18994666.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61692-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61692-X)  
[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=PubMed&list\\_uids=18994666&dopt=Abstract](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=18994666&dopt=Abstract)
- [2] *Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health* [Final Report of the Commission on Social Determinants of Health]. Geneva: WHO Commission on Social Determinants of Health; 2008.
- [3] McMichael A, Campbell-Lendrum D, Kovats R, Edwards S, Wilkinson P, Wilson T, et al. *Climate change*. In: Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Murray C, editors. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease due to selected major risk factors*. Geneva: World Health Organization; 2004.
- [4] Patz JA, Gibbs HK, Foley JA, Rogers JV, Smith KR. *Climate change and global health: quantifying a growing ethical crisis*. EcoHealth 2007; 4: 397-405 doi: 10.1007/s10393-007-0141-1.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10393-007-0141-1>
- [5] EM-DAT Emergency events database. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters; 2009.  
<http://www.cred.be/emdat> [accessed on 21 August 2009].
- [6] Wier M, Birr-Pedersen K, Jacobsen HK, Klok J. Are CO<sub>2</sub> taxes regressive? Evidence from the Danish experience. Ecol Econ 2005; 52: 239-51 doi: 10.1016/j.ecolecon.2004.08.005.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.08.005>
- [7] Stott R. *Contraction and convergence: healthy response to climate change*. BMJ 2006;332:1385-7. PMID:16763255 doi:10.1136/bmj.332.7554.138510.1136/bmj.332.7554.1385
- [8] *Fuel for life: household energy and health*. Geneva: World Health Organization; 2006.
- [9] Campbell-Lendrum D, Bertollini R, Neira M, Ebi K, McMichael A. *Health and climate change: a roadmap for applied research*. Lancet 2009; 373: 1663-5 doi: 10.1016/S0140-6736(09)60926-0 pmid: 19447242.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60926-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60926-0)





# Climate change and social determinants of health: two interlinked agendas

---

by Luiz Augusto C. Galvão, Sally Edwards, Carlos Corvalan,  
Kira Fortune and Marco Akerman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Pan American Health Organization – Area of Sustainable Development and Environment.*  
Panel session in which the first author participated, at the conference ‘Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health’, 6–7 November 2008, London. L. A. C. Galvão et al. *IUHPE – Global Health Promotion Supp (1) 2009*

## Resumen

*El cambio climático es una nueva amenaza para la salud pública y para los avances que actualmente están siendo logrados por los países en cuanto al alcance y mantenimiento de sus logros con respecto a los Objetivos de Desarrollo de Milenio. Finalmente, los autores sobre política social han enfatizado que el cambio climático no debería ser visto como un silo más en la determinación social dentro del marco de la salud, sino como un nexo con otras agendas de manera integrada y articulada para reforzar las peticiones sobre justicia social y salud como un derecho de la humanidad.*

## Abstract

*Climate change is indeed a new threat to public health and to the advances that are currently being made by nation-states in achieving and maintaining their achievements with regard to the Millennium Development Goals. Last but not least, as all authors on social policies have stressed the agenda for climate change should not be seen as one more silo in the social determinant of health framework but a bridge to be connected to other agendas in an articulated and integrated manner to reinforce the claims for social justice and health as a human right.*

**Palabras clave.-** Enfermedades causadas por vectores, adaptación, huella de carbono, carga de enfermedad, adaptación y mitigación al cambio climático.

**Key words.-** Vectorborne diseases, adaptation, carbon fingerprint, disease burden, adaptation to and mitigation of climate change.

---

## Introduction

The issue of equity should be considered by policy-makers as a significant social mechanism, which can change environment and climate change at country and community level as it reinforces the close link that exists between public and sustainable development. Sustainable development consists of three core pillars, namely an environmental pillar, an economic pillar and a social pillar.

The core question posed here addresses those three pillars with a specific focus on integrating physical

and social environments as well as how these can influence the health status of populations.

Climate change is indeed a new threat to public health and to the advances that are currently being made by nation-states in achieving and maintaining their achievements with regard to the Millennium Development Goals<sup>1</sup>. Thus, climate change should be considered a priority area when addressing health inequalities<sup>2</sup>. This is the main contribution of the CSDH to the 'climate change agenda' as it has the potential to close the gap between the economic and environmental pillars adding the necessary evidence

to the social pillar to be integrated in any 'climate change intervention'. Over the last 16 years, since the 1992 Eco Conference, theoretical and action priorities have been focusing primarily upon the environmental and economic pillars.

Evidence demonstrates the importance given by the CSDH to the social components and core examples as demonstrated by the knowledge network on 'Urban Settings' are issues of transportation, energy, urbanization and urban infrastructures.

It is worth stressing, that this is not merely a theoretical issue, but indeed a very practical issue. Often the first question raised by governments and communities involved in technical cooperation efforts is aimed at how best to tackle inequities within a practical context.

There is consensus within the scientific community that the global climate is changing and that this change is affecting human health<sup>3</sup>. In the Region of the Americas, the main areas of concern are:

- increases in the frequency and intensity of extreme climate events;
- changes in food and water supply, which in turn affect nutritional security;
- modifications in the distribution of the vector-borne diseases and sea level rise.

Evidence demonstrates that half of the population of the world does not have access to quality environmental services such as water and sanitation<sup>4</sup>. Yet, the same evidence shows that for each dollar invested in this kind of service will save approximately \$7 to \$9 from the health service<sup>4</sup>. In the case of an extreme event, where infrastructures are destroyed the cost of health will grow very fast. Extreme events similarly disrupt family, industry and community life, which in many cases are never restored. Moreover, populations living in Small Island Developing States, in water scarce areas and in coastal areas will be directly affected by these phenomena.

The subject of climate change and public health is not new, and the World Health Organization/Pan

American Health Organization (WHO/PAHO) have published documents and held workshops over the last two decades<sup>5</sup>, including two sub-regional workshops, one for the Caribbean and one for the Central America Region addressing the effects of climate change on public health. Increasing concerns and evidence on public health impacts led the World Health Assembly in May 2008, to secure a resolution for the WHO and Member States to implement actions to protect public health from climate change<sup>6</sup>.

During the celebration of World Health Day in 2008, WHO chose the theme of 'Protecting Health from Climate Change'. As part of the commemoration activities, PAHO prepared a Regional Action Plan to protect the health of climate change, in consultation with Member States, and with National Committees on Climate Change and Human Health.

This Plan of Action was presented during the 48th Directing Council, in September 2008, in the form of a Roundtable discussion. The strategic objectives to be achieved through the implementation of the Regional Plan of Action include:

- promote and support the generation of knowledge on health risks associated with climate change and on the response of the public health sector to this phenomenon;
- create awareness of the effects of climate change on health among both the general public and in different sectors including health sector personnel, by promoting communication and dissemination of information in a multidisciplinary approach;
- promote the strengthening and development of human resources, financial resources, institutional development and policy development;
- strengthen and develop the capacity of health systems to design, implement, monitor and evaluate adaptation measures with the aim of improving response capacity to prepare for and effectively respond to the risks of climate change;
- promote, articulate and establish cross-disciplinary, interagency and inter-sectoral

partnerships to ensure that health protection and promotion is central to climate change policies.

The strategic objectives including the activities outlined in order to achieve these are in line with WHO and the Global Plan of Action.

### **The articulation between climate change and social determinants of health**

Climate change, urbanisation, rural development, agriculture and food security are intertwined determinants of population health and health equity<sup>2</sup>. Although, a Knowledge Network was not dedicated to Climate Change and Environment, one can reflect upon the Knowledge Networks with a focus on climate change.

A key example is when we look at the process of globalisation, where there is concern about the export of hazards to vulnerable populations in poorer countries; another example is the concern about inequalities in access to 'clean environments', such as that provided by access to clean energy. There is similarly concern about the globalisation of environmental risk factors by poor technological practices and more importantly, the exportation of poor technology, which works against the minimisation of carbon footprint which is the most important factor in reverting the current climate change trends.

When assessing early childhood development, evidence demonstrates that deprivation of food and water as well as an unsafe environment will interfere in the development of a child if the necessary environmental provisions are not guaranteed.

Within the area of employment conditions, a key concern is the very large informal sector, which lacks any form of social protection or occupational health services. Thus, specific groups within populations are vulnerable to any change in the environment, particularly migrant workers and poor populations.

An analysis of the health system demonstrates the risks of poor infra-structures and illustrates how

health services suffer when demand is increased upon the service as a result of climate change such as heat waves or poor quality of water and food.

There is an urgent need to recognise and address environmental protection factors such as the community approach to control vector borne diseases including malaria, Chagas disease and dengue, as well as water borne diseases such as diarrheal. Recent programmes implemented in Central America and Mexico, utilising a methodology developed by the National Public Health Institute in Mexico to control malaria without the use of DDT proves that the use of community and environmental interventions are cost-effective and similarly increase community resilience and safety, which are fundamental factors for mitigating the possible effects of climate change for health.

Interventions on other priority public health conditions such as road traffic and work-related injuries, also favor the decrease in carbon dioxide emissions, as well as the decrease of respiratory diseases.

With regards to measurement and evidence, one should not forget that nearly a quarter of the disease burden is due to environmental risk factors, which can be controlled. The fraction is much larger, over a third in children aged 0 to 14 years. Thus, any extra stress within the environment will affect any measure of advances in the social determinants of health. In the area of environmental justice, gender equity continues to be a challenge as evidence suggests that in some countries women and girls miss out on educational opportunities due to their responsibilities to collect water and wood for fuel. Urban settings, as already indicated, are of greatest importance for both social determinant and climate change. From the perspective of environmental justice a key concern is the urban poor, the increasing challenge of transport and health as well as the provision of essential services such as water, sanitation and energy.

Many countries in the Americas are committing politically and taking practical steps in creating platforms for implementing policies to tackle health inequities by:



- implementing Commissions, or high-level groups, in order to advocate for social determinants in public policies;
  - facilitating the participation of professionals in the nine Networks of Knowledge convened by the CSDH;
  - organising joint consultations with civil society on the social determinants of health;
  - organising educational processes based on the approach of social determinants of health;
  - carrying out joint meetings with partners in the public and private sectors, civil society and academics;
  - recognising ethnic diversity in the region by supporting a regional meeting on 'Social Determinants of Health and Indigenous People'.
- Thirdly, underpinning the call for global human justice, the inescapable evidence of climate change and environmental degradation have set clear limits to a future based on the status quo and are prompting and increasing global willingness to do things differently<sup>2</sup>.
  - Fourthly, international agencies and national governments building on the Intergovernmental Panel on climate change (IPCC) recommendations, consider the health impact of agriculture, transport, fuel, buildings, industries and waste strategies concerned with adaptation to and mitigation of climate change<sup>2</sup>.
  - Fifthly, much more analysis of the relationship between social determinants of health, environmental change and health inequities is needed to inform policy and practice<sup>2</sup>.

### **Final observations: climate change as reflected in the CSDH final report**

Climate change is a common concern for every sector of society and interventions addressing public health and climate change can strengthen inter-sectoral collaboration, which is needed to tackle such a complex issue. The social determinants of health agenda calls for strong cooperation and collaboration between all actors within society and reinforces the social pillar of climate change. In order to highlight the links between these pillars, we conclude by reiterating the messages in the CSDH report, namely:

- Firstly, we need to ensure that economic and social policy responses to climate changes and other environmental degradation take into account health equity<sup>2</sup>.
- Secondly, there is widespread recognition of the disruption and depletion of the natural environmental system, climate change included. It is not a technical discussion between environmental experts, and should concern large portions of people affected by their consequences<sup>2</sup>.

Last but not least, as all authors on social policies have stressed the agenda for climate change should not be seen as one more silo in the social determinant of health framework but a bridge to be connected to other agendas in an articulated and integrated manner to reinforce the claims for social justice and health as a human right.

## Referencias bibliográficas

- [1] **World Health Organization.** *Protecting health from climate change: report for World Health Day.* Geneva: WHO; 2008.
- [2] **World Health Organization/Commission of Social Determinants of Health.** *Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health.* Geneva:WHO; 2008.
- [3] **Pan American Health Organization.** *Health in the Americas volume.* Washington, DC: PAHO Scientific and Technical Publication; 2007.
- [4] **Prüss-Üstün A, Corvalán C.** *Preventing disease through health environments: towards an estimate of the environmental burden of disease.* Geneva: WHO; 2006.
- [5] **Pan American Health Organization.** *Roundtable on climate change and its impact on public health: a regional perspective.* Washington, DC: PAHO Scientific and Technical Publication; 2008.
- [6] **World Health Organization.** *New World Health Assembly resolution on climate change and health.* Geneva: WHO; 2008.

# El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional

---

por Andrew K. Githeko<sup>1</sup>, Steve W. Lindsay<sup>2</sup>,  
Ulisses E. Confalonieri<sup>3</sup> y Jonathan A. Patz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Principal Research Officer, Head, Climate and Human Health Research Unit, Centre for Vector Biology and Control Research, Kenya Medical Research Institute, PO Box 1578, Kisumu, Kenya  
e-mail: [AGitheko@kisian.mimcom.net](mailto:AGitheko@kisian.mimcom.net)

<sup>2</sup> Reader, Department of Biological Sciences, University of Durham, Durham, England

<sup>3</sup> Professor, National School of Public Health, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>4</sup> Assistant Professor and Director, Program on Health Effects of Global Environmental Change, Department of Environmental Health Sciences, Johns Hopkins School of Public Health, Baltimore, MD, USA

Artículo publicado en inglés en el *Bulletin of the World Health Organization*, 2000, 78 (9): 1136–1147

## Resumen

*Se estima que en 2100 la temperatura mundial habrá aumentado como promedio 1,0-3,5°C, con lo que aumentará también el riesgo de enfermedades transmitidas por vectores en nuevas zonas. El mayor efecto del cambio climático en ese sentido se observará probablemente en los extremos del intervalo de temperaturas requerido para la transmisión (para muchas enfermedades, 14-18°C como límite inferior, y 35-40°C como límite superior). El paludismo y la fiebre del dengue figuran entre las enfermedades transmitidas por vectores más importantes en los trópicos y subtropicos; la enfermedad de Lyme es la más común de estas dolencias en los Estados Unidos y Europa. También la encefalitis se está convirtiendo en un problema de salud pública. Los riesgos del cambio climático para la salud no serán los mismos en los países que cuentan con una infraestructura sanitaria que en aquellos que no la poseen.*

## Abstract

*It is estimated that in 2100 the world temperature will increase an average of 1,0-3,5°C, increasing also the risk of diseases transmitted by vectors in new zones. The major effect of climate change in this sense will be observed probably at the extremes of the temperature range necessary for its transmission (for many diseases, 14-18°C as the lower limit, and 35-40°C as then upper limit). Malaria and dengue are among the diseases transmitted by the most important vectors in the tropics and subtropics; Lyme's disease is the most common of these ailments in the United States and Europe. Encephalitis is turning into a problem of public health. Climate change risks will not be the same in countries with sanitary infrastructure that in those that do not possess it.*

**Palabras clave.-** Ecología de vectores, incubación extrínseca, esquistosomiasis, oncocercosis, tripanosomiasis, filariasis, leishmaniasis, fiebre del Valle del Rift, cloroquina, infecciones víricas.

**Keywords.-** Ecology of vectors, extrinsic incubation, schistosomiasis, onchocerciasis, trypanosomiasis, filariasis, leishmaniasis, Rift Valley Fever, chloroquine, viral infections.

---

## Introducción

La vida humana depende de la dinámica del sistema climático de la Tierra. Las interacciones entre la atmósfera, los océanos, las biosferas terrestre y marina, la criosfera y la superficie terrestre determinan el clima de la superficie del planeta<sup>1</sup>. La concentración atmosférica de gases de efecto invernadero -dióxido de carbono, metano y óxido nitroso- está aumentando debido principalmente a actividades humanas como el uso de combustibles fósiles, el cambio de uso de la tierra y la agricultura<sup>2</sup>. El aumento de los gases de

efecto invernadero provoca el recalentamiento de la atmósfera y de la superficie terrestre.

En este artículo se analizan las indicaciones de los efectos que ha tenido y tiene la variabilidad climática interanual e interdecenal sobre las enfermedades transmitidas por vectores en los distintos continentes, con la finalidad de arrojar alguna luz sobre las tendencias que podrán manifestarse en el futuro, particularmente en vista del cada vez más probable cambio climático.

Se estima que en 2100 la temperatura mundial habrá aumentado en promedio de 1,0 a 3,5°C<sup>3</sup>, con lo que aumentará también el riesgo de sufrir numerosas enfermedades transmitidas por vectores. Los cambios temporales y espaciales de las temperaturas, las precipitaciones y la humedad que, según las previsiones, tendrán lugar según los diferentes escenarios del cambio climático, afectarán a la biología y ecología de los vectores y los huéspedes intermedios y, por consiguiente, al riesgo de transmisión de enfermedades. El riesgo aumenta porque, aunque los artrópodos pueden regular su temperatura interna modificando su comportamiento, no pueden hacerlo fisiológicamente y, por lo tanto, dependen totalmente del clima para su supervivencia y desarrollo<sup>4</sup>. El clima, la ecología de los vectores y la economía social varían de un continente a otro y ello hace necesario un análisis regional.

El mayor efecto del cambio climático sobre la transmisión de enfermedades se observará probablemente en los extremos del intervalo de temperaturas requerido para la transmisión (para muchas enfermedades, 14-18°C como límite inferior y 35-40°C como límite superior). El calentamiento en el intervalo inferior tiene repercusiones significativas y no lineales sobre el periodo de incubación extrínseca<sup>5</sup> y, por consiguiente, en la transmisión de enfermedades, mientras que en el límite superior se podría interrumpir la transmisión. Sin embargo, en torno a los 30-32°C, la capacidad vectorial puede aumentar notablemente debido a la reducción del periodo de incubación extrínseca, a pesar de que disminuye la tasa de supervivencia del vector. Especies de mosquitos como el conjunto *Anopheles gambiae*, *A. funestus*, *A. darlingi*, *Culex quinquefasciatus* y *Aedes aegypti* son responsables de la transmisión de la mayoría de las enfermedades transmitidas por vectores y son sensibles a los cambios de temperatura tanto en las fases inmaduras en el medio acuático como en su estado adulto. Cuando aumenta la temperatura del agua, las larvas tardan menos tiempo en madurar<sup>6</sup> y, en consecuencia, se puede producir un mayor número de crías durante el periodo de transmisión. En los climas más cálidos, las hembras de mosquito adultas digieren la sangre más rápidamente y se alimentan con mayor frecuen-

cia<sup>7</sup>, y debido a ello aumenta la intensidad de transmisión. De igual forma, a mayor temperatura los parásitos y los virus causantes del paludismo completan la incubación extrínseca en el interior del mosquito hembra en menos tiempo<sup>8</sup>, aumentando así la proporción de vectores infecciosos. Por lo general, una temperatura por encima de los 34°C tiene efectos negativos sobre la supervivencia de los vectores y parásitos<sup>6</sup>.

Además de la influencia directa de la temperatura sobre la biología de los vectores y parásitos, la modificación del régimen de precipitaciones puede tener también efectos a corto y largo plazo sobre los hábitats de los vectores. El aumento de las precipitaciones puede incrementar el número y calidad de criaderos de vectores tales como mosquitos, garrapatas y caracoles, así como la densidad de vegetación, influyendo en la existencia de lugares donde posarse. Los reservorios de enfermedades en los roedores pueden aumentar cuando la disponibilidad de abrigo adecuado y de comida hacen crecer las poblaciones, lo que a su vez desencadena brotes de enfermedad. También las formas de asentamiento humano influyen en las tendencias de las enfermedades. En América del Sur, más del 70% de la población vive en zonas urbanas y, por tanto, sólo una proporción reducida de ella está expuesta a infecciones rurales. En África, en cambio, más del 70% de la población vive en zonas rurales, donde la lucha antivectorial, p. ej., la eliminación de los criaderos de larvas, es muchas veces difícil. La fiebre del dengue es básicamente una enfermedad urbana, no obstante, y tendrá mayor incidencia en las comunidades muy urbanizadas con un sistema deficiente de eliminación de aguas residuales y desechos sólidos.

En las publicaciones recientes puede encontrarse una serie de exámenes de determinadas enfermedades. En este documento se presenta una perspectiva regional, intentando reflejar los hechos esenciales que se han observado en diferentes variaciones climáticas y los que se prevén como resultado del cambio climático.



## África

El clima africano tropical favorece la mayor parte de las enfermedades transmitidas por vectores, entre ellas el paludismo, la esquistosomiasis, la oncocercosis, la tripanosomiasis, la filariasis, la leishmaniasis, la peste, la fiebre del Valle del Rift, la fiebre amarilla y las fiebres hemorrágicas transmitidas por garrapatas. Este continente posee una gran diversidad de complejos de especies de vectores que tienen la posibilidad de redistribuirse a nuevos hábitats creados por efecto del clima, determinando nuevas características epidemiológicas. Estos organismos tienen sensibilidades diferentes a la temperatura y las precipitaciones.

Se calcula que para 2050 el Sahara y las zonas semi-áridas del África meridional podrían experimentar un aumento medio de la temperatura de 1,6°C, y países ecuatoriales como el Camerún, Kenya y Uganda incrementos de 1,4°C<sup>3</sup>. Los estudios realizados recientemente sobre el promedio de precipitaciones superficiales durante el periodo 1901-1995 indican que las tendencias de las precipitaciones varían a lo largo y ancho del continente. Parecen estar aumentando en el África oriental y disminuyendo en las zonas occidental y septentrional<sup>9</sup>. Sin embargo, éstos son datos muy generales y es posible que las tendencias tengan poca validez a una escala más local.

El cambio climático tendrá efectos a corto y largo plazo sobre la transmisión de las enfermedades. Por ejemplo, un aumento de las temperaturas y las precipitaciones a corto plazo como el que ocurrió durante el fenómeno El Niño de 1997-1998 -un ejemplo de variabilidad climática interanual- provocó epidemias de paludismo causadas por *Plasmodium falciparum*<sup>10</sup> y fiebre del Valle del Rift<sup>11</sup> en Kenya. Ello pudo deberse al desarrollo acelerado de los parásitos y a la explosión de las poblaciones de vectores. Sin embargo, esos mismos cambios redujeron la transmisión del paludismo en la República Unida de Tanzania<sup>12</sup>. Existen nuevas pruebas de que además de producirse fenómenos climáticos extremos estacionales se está registrando una elevación general de las temperaturas medias y, en algunos casos, de las precipitaciones<sup>9</sup>. Por ejemplo, durante el periodo 1901-1995, el índice

medio de variación de la temperatura en África fue de 0,39°C. Aunque las precipitaciones se han reducido en muchas partes del continente, se ha registrado un incremento medio de 300 mm en el África oriental a lo largo del siglo. Probablemente, esos cambios comportarán un rápido desarrollo de los vectores y parásitos del paludismo en regiones donde hasta ahora las bajas temperaturas han limitado la transmisión. Por otra parte, el aumento de las temperaturas tendrá efectos negativos en el límite superior del intervalo de temperaturas de los vectores del paludismo. Los efectos negativos de la reducción de las precipitaciones y de la sequía se han dejado sentir en el Senegal, donde ha desaparecido prácticamente *A. funestus* y la prevalencia del paludismo ha disminuido más de un 60% durante los últimos 30 años<sup>13</sup>.

En África, las especies de vectores se han adaptado a ecosistemas que van desde los bosques húmedos hasta las sabanas secas. Si se modifican estos ecosistemas también cambiará la distribución de las especies de vectores. Por ejemplo, entre los vectores de la tripanosomiasis, aunque *Glossina morsitans* habita principalmente en la sabana, *G. palpalis* es una especie ribereña que prefiere posarse en una vegetación densa. Los factores que modifican los lugares en los que se posan las moscas tsetse, como los cambios a largo plazo en las precipitaciones, pueden afectar a la epidemiología y la transmisión de la tripanosomiasis, aunque el cambio de la vegetación es un proceso lento. *Anopheles gambiae* prefiere las zonas acuáticas y húmedas, en tanto que *A. arabiensis* se ha adaptado a climas más secos<sup>14</sup>. La distribución y abundancia relativa de estas especies se puede predecir con bastante precisión con los modelos climáticos actuales<sup>15</sup>, que se pueden utilizar para indicar cambios futuros en la distribución de los vectores relacionados con el cambio climático. En el Senegal, los caracoles *Biomphalaria pfeifferi* transmiten *Schistosoma mansoni* durante la estación lluviosa, y *Bulinus globosus* es responsable de la transmisión de *S. haematobium* en la estación seca<sup>16</sup>. En la República Unida de Tanzania, el régimen de precipitaciones tiene una influencia directa en la densidad de población de *B. globosus*<sup>17</sup>. Además, utilizando datos recogidos en Zimbabwe, se ha elaborado un modelo de simulación

que genera fluctuaciones de *B. globosus* según las precipitaciones anuales variables en un margen de dos órdenes de magnitud y en una escala temporal de diez años o más<sup>18</sup>. Cabe pensar, pues, que los cambios en las precipitaciones a largo plazo alterarán la distribución de los caracoles y, consiguientemente, la evolución de la enfermedad.

Las estrategias de adaptación al cambio climático, como el riego, pueden aumentar el riesgo de transmisión del paludismo<sup>19</sup> y la esquistosomiasis<sup>20</sup>.

Factores tales como la economía social, un comportamiento orientado a la salud, la situación geográfica y el crecimiento demográfico determinarán la vulnerabilidad de las poblaciones al cambio climático. Por ejemplo, con la excepción de Sudáfrica, muchos de los países afectados por el paludismo de tierras altas, como Etiopía, Kenya, Madagascar, la República Unida de Tanzania, Rwanda, Uganda y Zimbabwe, tienen un producto interno bruto per cápita de entre US\$ 106,8 y US\$ 505,5, y en muchos de ellos el crecimiento de la renta es negativo<sup>21</sup>. Esto puede indicar que los recursos asignados para la salud son escasos a nivel institucional e individual. Además, la cloroquina, que durante muchos decenios ha sido el fármaco principal utilizado en el tratamiento del paludismo, ha demostrado ser ineficaz en muchas zonas del mundo, particularmente en el caso del paludismo falciparum. Se han desarrollado otros fármacos, pero en muchos casos resultan menos seguros y son de un 50% a un 700% más costosos que la cloroquina<sup>22</sup>. En muchos de los países más pobres, más del 60% de los casos de paludismo se tratan a domicilio<sup>23</sup>, lo que a menudo se traduce en fallos del tratamiento debido a la resistencia a los medicamentos, particularmente entre las poblaciones no inmunes.

La destrucción de los bosques para crear nuevos asentamientos humanos puede aumentar la temperatura local en 3 ó 4°C<sup>24</sup> y al mismo tiempo originar criaderos para los vectores del paludismo. Estos fenómenos pueden tener graves consecuencias sobre la transmisión del paludismo en las tierras altas africanas.

En las latitudes ecuatoriales, p. ej., las tierras altas del África oriental, la transmisión del paludismo puede ser más intensa en las altitudes más elevadas<sup>25</sup>, donde la inmunidad de la población es baja. En latitudes más bajas del África meridional, la transmisión puede aumentar por encima de los 1200 m. Los fenómenos meteorológicos extremos que provocan inundaciones intensifican la transmisión del paludismo del desierto y de la fiebre del Valle del Rift<sup>26</sup>. Desde 1988, existen numerosos informes de epidemias de paludismo en el África oriental y meridional. Por ejemplo, se han propagado epidemias de paludismo de 3 a 13 distritos de Kenya occidental, y en algunas zonas se producen brotes todos los años<sup>27</sup>. Durante este periodo, la temperatura media mensual ha aumentado en la región en 2°C en promedio, entre las coordenadas 2° N–2° S y 30° E–40° E (A. K. Githeko, datos inéditos, 1999). Se han notificado otras epidemias de paludismo relacionadas con el clima en Rwanda<sup>28</sup> y la República Unida de Tanzania<sup>29</sup>. En Kenya occidental, la temperatura media mensual a 2000 metros de altura ha alcanzado los 18°C, que es la temperatura umbral para la transmisión de *P. falciparum*. Teóricamente, un mayor calentamiento debería afectar a las zonas del África oriental situadas por encima de los 2000 metros.

Probablemente, la variabilidad climática existente en África intensificará la transmisión del paludismo en las tierras altas orientales y meridionales, pero no se conocen todavía con precisión sus efectos sobre la transmisión de otras enfermedades transmitidas por vectores menos sensibles al clima.

Si bien el clima es un factor importante en la epidemiología del paludismo, la resistencia a los medicamentos, el poder adquisitivo reducido y una mala infraestructura sanitaria pueden tener más importancia, pues son los instrumentos y recursos que permiten reducir los efectos de la enfermedad. Además, mientras que el clima afecta principalmente a las tierras altas, la resistencia a los fármacos afecta a todas las zonas por igual.

## Europa

Europa se ha recalentado 0,8°C durante los últimos 100 años<sup>2</sup>. Los cambios no han sido uniformes, pues el mayor aumento de la temperatura se ha producido en invierno y en el norte. De continuar esta tendencia, es probable que se reduzca la elevada mortalidad de vectores durante el periodo invernal y que otras zonas sean propensas a la transmisión de enfermedades. Es más difícil predecir los cambios que experimentará el régimen de precipitaciones, aunque probablemente los inviernos serán más húmedos y los veranos más secos. Todo parece indicar que las regiones septentrionales serán más lluviosas y que el tiempo será más seco en el sur y el este del continente<sup>2</sup>. No es fácil predecir las consecuencias de esos cambios. Por ejemplo, es posible que en las zonas donde disminuyan las precipitaciones y se sequen los humedales haya menos criaderos de mosquitos. Sin embargo, la disminución de las poblaciones de mosquitos se compensará en parte si éstas encuentran nuevos lugares de reproducción, como las aguas estancadas que quedarán al secarse el lecho de las corrientes de agua o los depósitos de agua utilizados por los horticultores para conservar el agua de lluvia.

En Europa y en algunos de los países de la ex Unión Soviética, las enfermedades transmitidas por vectores más importantes son el paludismo y la enfermedad de Lyme, que son transmitidas por mosquitos y garrapatas, respectivamente. No existen datos fehacientes que indiquen que el cambio climático haya aumentado el riesgo de padecer estas enfermedades, porque hasta la fecha las alteraciones climáticas han sido bastante leves y porque los grandes cambios ambientales producidos por el aumento de las poblaciones, la modificación de los sistemas de cultivo y las nuevas condiciones socioeconómicas han tenido consecuencias de gran envergadura. No existe, sin embargo, motivo para el optimismo, pues es posible que aumenten y se extiendan muchas enfermedades transmitidas por vectores en numerosas zonas del continente.

En otro tiempo, el paludismo era una enfermedad común en muchas partes de Europa<sup>30,31</sup> y se extendía hasta zonas situadas muy al norte, casi en el círculo

polar ártico<sup>32</sup>, aunque era más común en la margen septentrional de la cuenca del Mediterráneo y en el este de la Europa continental. Se han registrado brotes recurrentes de paludismo en Europa oriental, en Armenia, Azerbaiyán, Tayikistán y Turquía<sup>33</sup>. Sin embargo, ninguno de esos brotes ha estado asociado con el cambio climático, sino con el deterioro de las condiciones socioeconómicas, los sistemas de regadío en la agricultura, el desplazamiento de personas infectadas y la interrupción de las actividades de lucha contra el paludismo.

En Europa occidental, es posible la transmisión local del paludismo, pero probablemente quedará circunscrito a un número reducido de personas y será de carácter esporádico. En Italia, donde el paludismo fue erradicado hace 40 años, se ha registrado recientemente una transmisión local del paludismo vivax<sup>34,35</sup>. El clima reinante en Europa occidental es más propicio para la transmisión del paludismo vivax, causado por un parásito más benigno que el del paludismo falciparum, frecuentemente mortal, principalmente porque puede desarrollarse más rápidamente a temperaturas más bajas<sup>36</sup>. La dinámica de la transmisión se complica por el hecho de que los vectores pueden transmitir únicamente determinadas cepas de un parásito. Por ejemplo, el vector *Anopheles atroparvus* es refractario a las cepas tropicales del paludismo falciparum<sup>37-39</sup>, pero no a las europeas<sup>40,41</sup>. Es posible que el cambio climático contribuya a la expansión de la enfermedad hacia latitudes septentrionales<sup>42</sup>. Sin embargo, en los estados recientemente independizados de Europa oriental tienen mucha más importancia la pobreza creciente, el movimiento masivo de refugiados y personas desplazadas y el deterioro de los sistemas sanitarios, factores todos ellos que contribuyen a un aumento del paludismo.

En Europa se registran brotes esporádicos de paludismo cuando se introducen mosquitos infectados procedentes de los trópicos a través del tráfico aéreo. Desde 1969, se han notificado 60 casos en varios países europeos<sup>43</sup>. Un problema mucho más grave es el número creciente de pacientes que contraen el paludismo en el extranjero. En el Reino Unido se producen alrededor de 2000 casos todos los años (D. Warhurst, comunicación personal). Esto es especial-

mente preocupante debido a la rápida difusión de cepas de parásitos resistentes a distintos medicamentos; la aparición de casos de paludismo para los que no exista tratamiento es una posibilidad real.

A medida que el clima se hace más cálido, muchos vectores -no únicamente los transmisores del paludismo- ampliarán probablemente su distribución en Europa y es posible que se introduzcan nuevas especies de vectores procedentes de los trópicos. Un vector importante de la fiebre del dengue, *Aedes albopictus*, se ha propagado por 22 provincias del norte de Italia desde que se introdujo hace ocho años<sup>44</sup>. Los arbovirus transmitidos por mosquitos pueden causar una gran morbilidad y mortalidad en Europa<sup>45</sup>. El virus del Nilo occidental causó brotes en Francia en el decenio de 1960 y en Rumania en 1996. Se han registrado también brotes de la enfermedad del virus Sindbis en el norte de Europa durante los dos últimos decenios y se han notificado muchas otras infecciones víricas. Es extremadamente difícil predecir cuándo y dónde se producirán esos brotes, pero es posible establecer cuáles son las zonas propensas si se puede determinar y cartografiar el medio climático en el que vive el vector<sup>46</sup>.

La distribución de las garrapatas también está estrechamente vinculada con el clima; de ahí la creciente preocupación por la posibilidad de que las enfermedades transmitidas por ellas, como la enfermedad de Lyme y una forma de encefalitis estén aumentando en la Europa del norte<sup>47</sup>. Aunque las garrapatas hembras adultas están con gran frecuencia infectadas, son las ninfas, más abundantes, la principal fuente de infección. Las larvas y las ninfas de garrapatas se alimentan en pequeños vertebrados, como ratones y aves, en tanto que los adultos lo hacen en huéspedes de mayor tamaño, como ciervos y bovinos<sup>48</sup>. En tanto que los inviernos más suaves reducirán la mortalidad de las garrapatas y de los huéspedes y ampliarán el periodo de actividad de aquéllas, los veranos secos aumentarán su mortalidad. Existen pruebas recientes de que el desplazamiento hacia el norte de la garrapata *Ixodes ricinus* en Suecia estuvo relacionado con el clima más suave que reinó en los años noventa<sup>49</sup>. Sin embargo, es preciso adoptar una posición de cautela,

pues también podría guardar relación con la mayor abundancia de huéspedes, como el corzo.

La leishmaniasis es endémica en muchas partes del sur de Europa y constituye una coinfección importante de la que produce el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). Desde 1990, se han notificado 1616 coinfecciones, la mayoría en España, el sur de Francia e Italia<sup>50</sup>. A medida que el clima se hace más cálido, los vectores flebótomos transmisores de la leishmaniasis tienden a proliferar con mayor intensidad y a propagarse hacia el norte. Los veranos prolongados y cálidos son también idóneos para otro tipo de moscas y es posible que aumenten los casos de diarrea transmitidos por la mosca doméstica, *Musca domestica*, y otras especies de moscas sinantrópicas.

Aunque en Europa occidental se han observado brotes ocasionales de paludismo, enfermedad de Lyme y leishmaniasis, la existencia de unos sistemas de vigilancia y una infraestructura sanitaria adecuados impedirán que se produzcan brotes en gran escala. La situación puede ser distinta en algunos países de Europa oriental. Además, el deterioro de la economía y los disturbios civiles pueden crear las condiciones favorables para que se produzcan brotes de enfermedades.

## América del Sur

En América del Sur, el paludismo, la leishmaniasis, el dengue, la enfermedad de Chagas y la esquistosomiasis son las principales enfermedades de transmisión vectorial sensibles al clima en lo que respecta al número de personas afectadas. En la tabla 1 se indica el número de casos de esas enfermedades notificados a la Organización Panamericana de la Salud en 1996<sup>51</sup>.

En los últimos años, el número de nuevos casos de leishmaniasis cutánea ha ido desde 250 por año en Bolivia (1975-1991) a 24 600 en el Brasil (1992), y en 1992 hubo alrededor de 9200 casos de oncocercosis en varios países, entre ellos Colombia, Guatemala y Venezuela<sup>52</sup>.



Otras enfermedades de transmisión vectorial, de las que se dan pocos casos cada año y que pueden ser sensibles al cambio climático, son la fiebre amarilla (522 casos en 1995), la peste (55 casos en 1996), la encefalitis equina de Venezuela (25'546 casos en 1995) y otras infecciones arbovirales<sup>51</sup>. Hasta 1991, sólo en la región de la Amazonia brasileña se aislaron 183 tipos distintos de arbovirus, y se sabe que 34 de ellos causan enfermedades humanas, a veces en forma de epidemias virulentas. Una de ellas, la fiebre de Oropouche, se produce en ciclos asociados con el comienzo de la estación lluviosa<sup>53</sup>.

En América del Sur, el paludismo es la más extendida y grave de las enfermedades de transmisión vectorial sensibles al clima. Los estudios realizados han puesto de manifiesto que unas condiciones desusadamente secas (por ejemplo las provocadas por el tiempo relacionado con el fenómeno El Niño/Oscilación Austral en la zona norte del continente) van acompañadas o seguidas de un aumento de la incidencia de la enfermedad. Este hecho se ha documentado en Colombia<sup>54, 55</sup> y Venezuela<sup>56</sup>.

Las observaciones preliminares efectuadas en el norte del Brasil indicaron una tendencia a la disminución de la prevalencia del paludismo durante el primer año de El Niño/Oscilación Austral (0) (condiciones de sequía), en el que desaparecieron los máximos estacionales habituales de paludismo. La enfermedad tendió a recuperar su nivel endémico y epidémico anterior al finalizar el segundo año de El Niño/Oscilación Austral (+1), cuando las precipitaciones recuperaron los niveles habituales (U. Confalonieri, datos inéditos, 1999). En cambio, en Bolivia<sup>57</sup>, el Ecuador<sup>58</sup> y el Perú<sup>59</sup> se observó el fenómeno contrario; el paludismo aumentó cuando las fuertes lluvias asociadas con el fenómeno El Niño/Oscilación Austral de 1982-1983 fueron seguidas de inundaciones. Además, en el Ecuador, hubo factores como la emigración y la desorganización de los servicios sanitarios que contribuyeron indirectamente a la epidemia<sup>59</sup>.

Las fuertes lluvias asociadas con El Niño/ Oscilación Austral de 1991-1992 estuvieron vinculadas a la propagación de los vectores del paludismo desde zonas

endémicas del Paraguay a la Argentina<sup>60</sup>. Los cambios en los ecosistemas templados de la zona meridional de América del Sur provocados por el cambio climático permitirían a *Anopheles darlingi* ampliar su hábitat hacia el sur<sup>61, 62</sup>.

Estimaciones recientes basadas en el modelo acoplado océano-atmósfera de circulación general del Centro Hadley (HadCM3) predijeron que el número adicional de personas en riesgo de infección debido a la transmisión de paludismo en América del Sur durante todo el año aumentaría de 25 millones en 2020 a 50 millones en 2080<sup>63</sup>.

Se ha estudiado el efecto del cambio climático sobre la escorrenría anual en América del Sur utilizando diferentes modelos de circulación general<sup>64</sup>. Los escenarios del cambio climático proyectan en todos los casos aumentos de la escorrenría en la zona noroccidental de América del Sur donde se sabe que el paludismo es endémico. Aunque se ha demostrado en África la importancia de la humedad del suelo para la reproducción de los vectores *Anopheles*<sup>65</sup>, no se ha estudiado empíricamente en las Américas la relación entre el ciclo del agua y la transmisión del paludismo.

En el nordeste de América del Sur, una región que sufre sequías periódicas, se ha observado el resurgimiento de la leishmaniasis visceral (kala-azar), por ejemplo, en algunas zonas urbanas del Brasil<sup>66, 67</sup>. En las ciudades de São Luis y Teresina, se observaron importantes epidemias en 1983-1985 y 1992-1994, periodos que coincidieron con grandes sequías provocadas por El Niño. En el estado de Maranhão (Brasil), próximo a la región amazónica, también se observó a comienzos del decenio de 1980 un notable incremento del paludismo importado, que desde entonces es más frecuente que la forma autóctona de la enfermedad. La explicación más plausible de esos aumentos es la migración humana debida a la sequía. En el caso de los brotes de kala-azar, la población emigró de las zonas rurales endémicas a las ciudades en busca de empleo o de ayudas del Gobierno, debido al desplome de la agricultura, mientras que en el caso del aumento del paludismo importado, los inmigrantes se desplazaron a la vecina Amazonía, una



zona endémica, para encontrar trabajo temporal; luego, al terminar la sequía, llevaron consigo nuevas formas de la enfermedad a sus lugares de origen (U. Confalonieri, datos inéditos, 1999).

No existe apenas información acerca de los posibles efectos del cambio climático sobre los bosques tropicales de la Amazonía, la fuente natural de docenas de infecciones arbovirales selváticas conocidas, restringidas en su mayor parte a la selva tropical, y probablemente muchas infecciones están todavía por descubrir. Los modelos recientes de interacción entre el clima y la cubierta terrestre han puesto de manifiesto que la deforestación de la región amazónica podría tener repercusiones importantes en la dinámica del clima regional<sup>68-70</sup>. El aumento de la temperatura a nivel local debido a la deforestación en la Amazonía puede ser incluso superior al que predicen los modelos del cambio climático mundial a partir de una duplicación de las emisiones de dióxido de carbono. Se prevé que de continuar la deforestación habrá una mayor sequía que influirá en la dinámica de las enfermedades infecciosas, especialmente de las asociadas a reservorios y vectores forestales, como el paludismo, la leishmaniasis y las infecciones arbovirales. Los cambios en las condiciones físicas que determinan la supervivencia de los vectores (humedad y criaderos) y las influencias en los depredadores de los insectos y los reservorios de vertebrados son los posibles mecanismos de esa interferencia<sup>71</sup>.

Las oscilaciones climáticas pueden afectar a la dinámica de la fiebre del dengue<sup>72</sup>, transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*, una especie predominantemente urbana. En América Latina, aproximadamente el 78% de la población, unos 81 millones de personas, viven en núcleos urbanos, y la enfermedad ha aumentado durante el último decenio<sup>51</sup>. Se ha estudiado la influencia del aumento de la temperatura en la intensidad y distribución del dengue en los diferentes continentes<sup>73</sup>. Con un aumento de 2°C a la conclusión del próximo siglo<sup>2</sup>, la intensidad de la transmisión aumentaría en promedio de 2 a 5 veces en la mayor parte de América del Sur. Se cree también que en la mitad sur del continente aparecerían nuevas zonas de transmisión.

En resumen, los intensos efectos de El Niño en la región ecuatorial de América del Sur intensificarán probablemente la transmisión del paludismo y de la fiebre del dengue. La emigración humana por efecto de la sequía y la degradación del medio ambiente, así como por motivos económicos, podría propagar la enfermedad de formas inesperadas, y la pobreza creciente de las zonas urbanas y la deforestación y degradación ambiental en las zonas rurales podrían hacer aparecer nuevos lugares de reproducción de los vectores. El cambio climático potenciará esos efectos.

## América del Norte

En el vecino Estados Unidos, el promedio de las temperaturas diarias ha aumentado aproximadamente en un 0,4°C, concentrándose la mayor parte de ese aumento en los últimos 30 años<sup>74</sup>. Estudios recientes indican que se está modificando el ciclo hidrológico, con un aumento del manto nuboso y de las precipitaciones<sup>75</sup>. También ha cambiado la distribución de los valores pluviales extremos, con una mayor frecuencia de las precipitaciones intensas y una disminución de las precipitaciones ligeras<sup>74,76</sup>. Cada vez es más patente que se están produciendo cambios cuantificables en las tendencias climáticas<sup>77</sup>.

Los riesgos para la salud derivados de esos cambios climáticos serán distintos en unos y otros países, en función de la infraestructura sanitaria. En el Canadá y los Estados Unidos, la existencia de programas adecuados de vigilancia y lucha antivectorial limitan la transmisión endémica de enfermedades como el paludismo y el dengue. La infraestructura sanitaria de México y otros países menos desarrollados no es tan eficaz. Incluso en algunos países desarrollados, la intensificación de los viajes internacionales y la falta de notificación documentada ponen de manifiesto la existencia de un riesgo permanente y la necesidad de una vigilancia estricta<sup>78</sup>.

Recientemente, en 1999, se introdujo la encefalitis viral del Nilo occidental en la zona de Nueva York, siendo ésta la primera vez que se detectaba este virus

en América del Norte<sup>79</sup>. Se ignora todavía si la extrema sequía, sin precedentes, que afectó a la costa este durante el verano influyó en las poblaciones de mosquitos *Culex* que pueden ser portadores del virus. Las aves son los huéspedes naturales del virus del Nilo occidental.

La garrapata *Isodex scapularis* transmite *Borrelia burgdorferis*, una espiroqueta que es el agente causante de la enfermedad de Lyme, la dolencia de transmisión vectorial más común en los Estados Unidos, con 15'934 casos en 1998. Otras enfermedades transmitidas por garrapatas son la fiebre maculosa de las Montañas Rocosas y la ehrlichiosis, que fue detectada por primera vez a mediados de los años ochenta. Las poblaciones de garrapatas y mamíferos huéspedes implicadas están influidas por el uso de la tierra/cubierta terrestre, el tipo de suelo, la altitud y el momento, duración e intensidad del cambio de los regímenes de temperaturas y precipitaciones<sup>80,81</sup>. Se ha comprobado experimentalmente, en estudios de campo y de laboratorio, la existencia de una relación entre los parámetros de las fases de la vida del vector y las condiciones climáticas<sup>80</sup>. Según un estudio de modelización, la fiebre maculosa de las Montañas Rocosas podría disminuir en el sur de los Estados Unidos por la intolerancia de las garrapatas a las altas temperaturas y la menor humedad<sup>82</sup>.

En el decenio de 1990 se observó en Nueva York y Nueva Jersey una relación entre la temperatura y la transmisión ocasional del paludismo; todos los brotes se produjeron en condiciones de calor y humedad excepcionales que redujeron el tiempo de desarrollo de los esporozoítos del paludismo lo suficiente como para que esos mosquitos anofelinos del norte fueran infecciosos<sup>83,84</sup>. Sin embargo, incluso cuando las condiciones climáticas han favorecido la transmisión local, los brotes han sido pequeños hasta la fecha.

El dengue y la fiebre hemorrágica dengue están aumentando en las Américas<sup>85,86</sup>. En Puerto Rico se registran 10'000 casos de fiebre del dengue anualmente, y la enfermedad se manifiesta ahora en casi todos los países del Caribe y en México, y ha sido periódicamente endémica en Texas durante los dos últimos decenios. Los virus del dengue proliferan

predominantemente en los trópicos entre los 30°N y los 20°S<sup>87</sup>, pues las heladas o el frío prolongado destruyen los mosquitos adultos, los huevos depositados durante el invierno y las larvas<sup>88,89</sup>. Como se ha dicho anteriormente, los modelos elaborados a escala mundial han abordado el potencial de transmisión en los diferentes escenarios de cambio climático<sup>73,90</sup>. Sin embargo, la fiebre del dengue depende en gran medida de factores ambientales locales. Se ha analizado la forma en que podría modificarse el riesgo en tres lugares, Brownsville (TX), Nueva Orleans, Louisiana y algunos lugares de Puerto Rico, en el marco de la evaluación nacional de la variabilidad y cambio del clima en los Estados Unidos (Dana Focks et al., datos inéditos, 2000). Sólo se ha completado el análisis de Brownsville. El uso de un escenario de cambio climático transitorio, basado en el modelo acoplado atmósfera-océano de circulación general del Centro Hadley (HadCM2), indica que la humedad disminuye drásticamente en el sur de Texas a medida que aumenta la temperatura. El potencial de transmisión del dengue del modelo disminuyó para este lugar. Sin embargo, es posible que no ocurra lo mismo en el caso de Puerto Rico, por su situación insular.

La mayor parte de los casos de encefalitis notificados en los Estados Unidos son transmitidos por mosquitos. La encefalitis de Saint Louis es la que presenta una mayor prevalencia<sup>91</sup>; también se dan la encefalitis La Crosse y la encefalomielitis equina del oeste, del este y de Venezuela. Aunque la longevidad de los mosquitos disminuye cuando aumenta la temperatura, los índices de transmisión viral (al igual que en la fiebre del dengue) aumentan notablemente a mayores temperaturas<sup>92-94</sup>. A partir de estudios sobre el terreno realizados en California, los investigadores predicen que un aumento de 3-5°C causará un importante desplazamiento hacia el norte de los brotes de fiebre equina del oeste y de la encefalitis de Saint Louis, así como la desaparición de la encefalitis equina del oeste de Venezuela en las regiones endémicas del sur<sup>94</sup>. Los brotes de encefalitis de Saint Louis en humanos están relacionados con periodos de varios días en que la temperatura supera los 30°C<sup>95</sup>, como ocurrió en la epidemia de California de 1984. Los análisis por ordenador de los datos climáticos mensuales han de-

mostrado que los brotes suelen estar precedidos de una lluvia excesiva en enero y febrero, unida a unas condiciones de sequía en julio<sup>96</sup>. Ese modelo de inviernos cálidos y húmedos seguidos de veranos calurosos y secos coincide con las proyecciones del modelo de circulación general relativas al cambio climático en gran parte de los Estados Unidos<sup>97,98</sup>. Se ha asociado la encefalitis equina del este con veranos cálidos y húmedos en la costa este de los Estados Unidos<sup>99</sup>.

Se cree que la epidemia de hantavirus pulmonar que se registró en el suroeste de los Estados Unidos se debió a un incremento de las poblaciones de roedores relacionado con las condiciones climáticas y ecológicas<sup>100,101</sup>; en 1993, seis años de sequía seguidos de lluvias primaverales muy intensas hicieron que se multiplicará por 10 la población de ratones y ciervos, que pueden ser portadores del virus. Se ha establecido una vinculación geográfica entre algunos agrupamientos de la enfermedad y las zonas con mayores precipitaciones y vegetación tras el fenómeno El Niño<sup>102</sup>. De igual modo, se ha asociado la incidencia de la peste transmitida por las pulgas con periodos anteriores de precipitaciones intensas en la región<sup>103</sup>.

En América Central, se ha asociado la leptospirosis, de la que son portadores los roedores, con las inundaciones. Por ejemplo, en Nicaragua, un estudio de casos y testigos de la epidemia de 1995 descubrió que el riesgo de contraer la enfermedad era 15 veces mayor cuando se caminaba por zonas anegadas<sup>104</sup>. Rara vez se notifican casos de esta enfermedad en los Estados Unidos, pero hay que tener en cuenta que está subdiagnosticada<sup>105</sup>.

La enfermedad de Lyme y la encefalitis serán una amenaza cada vez mayor para la salud pública en los Estados Unidos a medida que sean más propicias las condiciones para su transmisión. No obstante, a medida que se vayan conociendo mejor los vínculos entre el clima y esas enfermedades y que aumente la precisión de las predicciones climáticas, mejorarán los métodos para prevenir los brotes, p. ej., mediante la información de salud pública. Aunque la enfermedad de Lyme puede ser tratada, sigue siendo difícil de diagnosticar. Las pruebas de laboratorio de que se

dispone actualmente no son totalmente satisfactorias porque no tienen la sensibilidad y especificidad necesarias y no están bien normalizadas. El subdiagnóstico es un problema en algunas zonas de los Estados Unidos donde la enfermedad no es endémica o es poco habitual. La población de ratones y de ciervos existente en una región determinada influye en el número de garrapatas. Probablemente, la reciente recuperación del censo de ciervos en el noreste de los Estados Unidos y el surgimiento de entornos suburbanos en las zonas rurales donde proliferan habitualmente las garrapatas de los ciervos han contribuido notablemente a aumentar la prevalencia de la enfermedad.

### Asia, Australia y las islas del Pacífico occidental

En Asia existen regiones tropicales y templadas. El paludismo causado por *Plasmodium falciparum* y por *P. vivax*, la fiebre del dengue, la fiebre hemorrágica dengue y la esquistosomiasis son endémicas en algunas zonas del Asia tropical. Durante los últimos 100 años, las temperaturas superficiales medias han aumentado en 0,3-0,8 °C en el conjunto del continente, y se prevé que para 2070 habrán aumentado entre 0,4 y 4,5°C<sup>3</sup>.

En el Pakistán, en la provincia de la frontera del noroeste, se ha asociado el aumento de la temperatura, las precipitaciones y la humedad durante algunos meses con un aumento de la incidencia del paludismo causado por *P. falciparum*<sup>106</sup>. En el Punjab nororiental, las epidemias de paludismo se quintuplicaron a causa del fenómeno El Niño registrado el año anterior, y en Sri Lanka el riesgo de epidemias de paludismo se multiplicó por cuatro durante un año de actividad de El Niño. En el Punjab, las epidemias están asociadas con precipitaciones superiores a lo normal, y en Sri Lanka con precipitaciones inferiores a lo normal<sup>107</sup>.

Según la OMS, muchos países de Asia sufrieron en 1998 niveles inusualmente elevados de dengue y/o fiebre hemorrágica dengue, siendo la actividad mayor

que en ningún otro año. Los cambios registrados en el sistema climático, como el fenómeno El Niño, pueden ser factores importantes<sup>108</sup>, pues experimentos de laboratorio han demostrado que el periodo de incubación del virus 2 del dengue en *Aedes aegypti* podría reducirse de 12 días a 30°C a 7 días a 32-35°C<sup>5</sup>. En varios estados insulares pequeños del Pacífico se ha notificado la aparición de fiebre del dengue cuando las precipitaciones y las temperaturas locales se correlacionan con el índice de oscilación austral, un componente del fenómeno El Niño/Oscilación Austral. Además, se encontró una correlación positiva entre el índice y la fiebre del dengue en 10 de 14 de esos estados insulares<sup>109</sup>.

En el Asia oriental y el Pacífico, del 41% al 79% del producto interno nacional procede principalmente de zonas urbanas. Los niveles de urbanización varían del 16% y el 19% en Papua Nueva Guinea y Viet Nam, respectivamente, al 82% en la República de Corea, y se calcula que durante el periodo 2000-2005 la tasa de urbanización en esta región se situará en torno al 3,5%. Esta tendencia aumentará aún más los riesgos de transmisión de enfermedades (A. K. Githeko, datos inéditos, 1999).

En Australia, las principales enfermedades transmitidas por vectores son las causadas por los virus Ross River y Barmah Forest de la artritis y el virus Murray Valley de la encefalitis. La transmisión de esos virus se asocia a la existencia de criaderos de mosquitos y a unas condiciones ambientales propicias<sup>110</sup>. Las inundaciones se han asociado con brotes virales.

Las previsiones relativas al clima en Australia para el año 2030 indican que las temperaturas aumentarán en 0,3-1,4°C, con una tendencia global a la disminución de las precipitaciones. Sin embargo, en los últimos decenios las precipitaciones medias parecen haber aumentado un 14% y las lluvias intensas del 10% al 20%. El clima australiano presenta una gran variabilidad<sup>3</sup>.

En Nueva Zelanda, preocupa la posibilidad de que el cambio de las condiciones ambientales -como el calentamiento mundial, con efectos concomitantes sobre la distribución de los vectores-, el desplazamiento

cada vez más rápido de personas virémicas por vía aérea y la introducción accidental de nuevos mosquitos vectores, particularmente *Aedes albopictus*, puedan suponer una amenaza, dada la elevada proporción de la población que carece de anticuerpos protectores<sup>111</sup>.

En Asia, la fiebre del dengue<sup>5</sup> y el paludismo<sup>106, 107</sup> se han asociado a aumentos anómalos de las temperaturas y las precipitaciones, mientras que en Australia los brotes de enfermedades arbovirales se asocian frecuentemente a inundaciones<sup>110</sup>. El desarrollo urbano en Asia y las regiones circundantes puede tener efectos importantes en las tendencias de la transmisión de la fiebre del dengue. En algunas zonas, como Viet Nam, también han podido influir los efectos de la inestabilidad civil anterior y el escaso crecimiento económico.

## Conclusiones

Además de los factores que ahora favorecen las enfermedades transmitidas por vectores, como la variación estacional del tiempo, la situación socioeconómica, los programas de lucha antivectorial, los cambios ambientales y la resistencia a los medicamentos, es muy probable que el cambio y la variabilidad climáticos influyan en la epidemiología de esas enfermedades. Los efectos se pueden expresar en formas muy distintas, desde epidemias a corto plazo hasta cambios graduales a largo plazo en las tendencias de las enfermedades. Existen algunas pruebas epidemiológicas que abonan este punto de vista. Por ejemplo, los resultados obtenidos recientemente en Kenya indican que las variaciones anómalas del clima provocarán hasta el 26% de la variación de los casos de paludismo de las tierras altas hospitalizados (A. K. Githeko, datos inéditos, 2000). Sin embargo, es necesario tener en cuenta (análisis multifactorial) todos los factores que influyen en la transmisión de las enfermedades y los resultados clínicos. Actualmente son muy pocos, cuando existen, los datos publicados que faciliten esa información, en parte porque la ciencia del clima y la salud está todavía poco desarrollada, y en consecuencia se desconoce en qué

medida los cambios experimentados por las enfermedades de transmisión vectorial son atribuibles al cambio climático. Éste es un serio obstáculo para modificar la política sanitaria basándose en datos concretos. Aunque es relativamente fácil detectar los efectos de la variabilidad del clima en las enfermedades de transmisión vectorial, no puede decirse lo mismo del cambio climático, debido a la lentitud con que éste se produce. Además, es posible que las poblaciones urbanas puedan adaptarse al cambio climático y mitigar sus consecuencias. Por ejemplo, en las tierras altas africanas, el paludismo podría estabilizarse gradualmente, y ello supondría una reducción de las epidemias.

La adaptación al cambio y la variabilidad climáticos dependerá en parte del nivel de la infraestructura sanitaria en las regiones afectadas. Por otra parte, el costo y la eficacia de la prevención y la curación serán primordiales para el tratamiento de las enferme-

dades. En algunas regiones, como África y América del Sur, existe una gran diversidad de vectores de enfermedades que son sensibles al cambio climático, y se necesitarán mayores esfuerzos y recursos para contener el cambio previsto de la epidemiología de las enfermedades. Además, la variabilidad del clima, a diferencia de cualquier otro factor epidemiológico, puede precipitar simultáneamente múltiples epidemias de enfermedades y otros tipos de catástrofes. El cambio climático tiene consecuencias de gran alcance que van más allá de la salud y afectan a todos los sistemas necesarios para la vida. Es, pues, un factor de enorme importancia entre aquellos que afectan a la salud y la supervivencia humanas.

---

## Referencias bibliográficas

- [1] Houghton JT et al., eds. *An introduction to simple climate models used in the IPCC Second Assessment Report*. Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997 (documento técnico inédito).
- [2] Watson RT et al., eds. *The regional impacts of climate change. An assessment of vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II*. Cambridge, Cambridge University Press, 1998.
- [3] Watson RT et al., eds. *Climate change 1995; impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- [4] Lindsay SW, Birley MH. *Climate change and malaria transmission*. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 1996, **90**: 573–588.
- [5] Watts DM et al. *Effect of temperature on the vector efficiency of Aedes aegypti for dengue 2 virus*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1987, **36**: 143–152.
- [6] Rueda LM et al. *Temperature-dependent development and survival rates of Culex quinquefasciatus and Aedes aegypti (Diptera: Culicidae)*. *Journal of Medical Entomology*, 1990, **27**: 892–898.
- [7] Gillies MT. *The duration of the gonotrophic cycle in Anopheles gambiae and An. funestus with a note on the efficiency of hand catching*. *East African Medical Journal*, 1953, **30**: 129–135.
- [8] Turell MJ. *Effects of environmental temperature on the vector competence of Aedes fowleri for Rift Valley fever virus*. *Research in Virology*, 1989, **140**: 147–154.



- [9] **Carter TR, Hulme M.** *Interim characterizations of regional climate and related changes up to 2100 associated with the provisional SRES emissions scenarios: guidance for lead authors of the IPCC Working Group II Third Assessment Report.* Washington, DC, IPCC Working Group II Technical Support Unit, 1999 (documento inédito).
- [10] *El Niño and its health impacts.* Weekly Epidemiological Record—Relevé épidémiologique hebdomadaire, 1998, **73** (20): 148–152.
- [11] **Linthicum JK et al.** *Climate and satellite indicators to forecast Rift Valley fever epidemic in Kenya.* Science, 1999, **285**: 297–400.
- [12] **Lindsay SW et al.** *Effect of 1997–8 El Niño on highland malaria in Tanzania.* Lancet, 2000, **355**: 989–990.
- [13] **Faye O et al.** *Drought and malaria decrease in the Niayes area of Senegal.* Santé , 1995, **5**: 299–305.
- [14] **Coluzzi M et al.** *Chromosomal differentiation and adaptation to human environment.* Transactions of the Royal Society of Medicine and Hygiene, 1979, **73**: 483–497.
- [15] **Lindsay SW, Parson L, Thomas J.** *Mapping the ranges and relative abundance of the two principal African malaria vectors, Anopheles gambiae sensu stricto and An. arabiensis, using climate data.* Proceedings of the Royal Society of London, B, 1998, **265**: 847–854.
- [16] **Ernould JC, Ba K, Sellin B.** *The impact of the local waterdevelopment programme on the abundance of the intermediate hosts of schistosomiasis in three villages of the Senegal River delta.* Annals of Tropical Medicine and Parasitology, 1999, **93**: 135–145.
- [17] **Marti HP et al.** *Studies on the ecology of Bulinus globosus, the intermediate host of Schistosoma haematobium in the Ifakara area, Tanzania.* Acta Tropica, 1985, **42**: 171–187.
- [18] **Woolhouse ME, Chandiwana SK.** *Population dynamics model for Bulinus globosus, intermediate host for Schistosoma haematobium, in river habitats.* Acta Tropica, 1990, **47**: 151–160.
- [19] **Ghebreyesus TA et al.** *Incidence of malaria among children living near dams in northern Ethiopia: community based incidence survey.* British Medical Journal, 1999, **319**: 663–666.
- [20] **Ollivier G, Brutus L, Coy M.** *La schistosomose intestinale à Schistosoma mansoni à Madagascar: extension et focalisation de l'endémie.* Bulletin de la Société de Pathologie Exotique et de ses Filiales, 1999, **92** (2): 99–103.
- [21] *World Bank: Africa Live Database,* Internet 5/01/2000.  
<http://wb1n0018.worldbank.org/afri/aftrbrief.nsf>
- [22] **Phillips M, Phillips-Howard PA.** *Economic implications of resistance to antimalarial drugs.* Pharmacoeconomics, 1996, **10**: 225–238.
- [23] **Ruebush TK et al.** *Self-treatment of malaria in a rural area of western Kenya.* Bulletin of the World Health Organization — Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé , 1995, **73** (2): 229–236.
- [24] **Hamilton AC.** *The climate of East Usambaras.* In: Hamilton AC, Bensted-Smith R, eds. Forest conservation in the East Usambaras. Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature, 1989: 79–102.
- [25] **Lindsay SW, Martens WJM.** *Malaria in the African highlands: past, present and future.* Bulletin of the World Health Organization — Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé , 1998, **76** (1): 33–45.
- [26] **Connor SJ, Thomson MC, Molyneux DH.** *Forecasting and preventing epidemic malaria: new perspectives and old problems.* Parasitologia, 1999, **41**: 439–448.
- [27] *World malaria situation in 1994.* Weekly Epidemiological Record —Relevé épidémiologique hebdomadaire, 1997, **72** (36): 269–274.
- [28] **Loevinsohn ME.** *Climate warming and increase in malaria incidence in Rwanda.* Lancet, 1994, **343**: 714–718.
- [29] **Matola YG, White GB, Magayuka SA.** *The changed pattern of malaria endemicity and transmission at Amani in the Eastern Usambara*



- mountains, north-eastern Tanzania. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1987, **90**: 127–134.
- [30] **Hackett L.** *Malaria in Europe: an ecological approach*. London, Oxford University Press, 1937.
- [31] **Bruce-Chwatt L, Zulueta JD.** *The rise and fall of malaria in Europe*. London, Oxford University Press, 1980.
- [32] **Molineaux L.** *The epidemiology of human malaria as an explanation of its distribution, including some implications for its control*. New York, Churchill Livingstone, 1988.
- [33] **Sabatinelli G.** *Contextual determinants of malaria in the WHO European Region*. Documento presentado en: Contextual Determinants of Malaria: an International Workshop, Lausanne, Switzerland, 14–18 May 2000. Pittsburg, PA, Center for Integrated Study of the Human Dimensions of Global Change, Carnegie Mellon University, USA, 2000 (documento inédito).
- [34] **Baldari M et al.** *Malaria in Maremma, Italy*. *Lancet*, 1988, **351**: 1246–1247.
- [35] **Simini B.** *First case of indigenous malaria reported in Italy for 40 years*. *Lancet*, 1997, **350**: 717.
- [36] **Boyd MF.** *Malariaology*. A comprehensive survey of all aspects of this group of diseases from a global standpoint. Philadelphia, PA, WB Saunders, 1949.
- [37] **James S.** *Some general results of a study of induced malaria in England*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 1931, **24**: 477–525.
- [38] **Shute PG.** *Failure to infect English specimens of Anopheles maculipennis var. atroparvus with certain strains of Plasmodium falciparum of tropical origin*. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1940, **43**: 175–178.
- [39] **Ribeiro H et al.** *An attempt to infect Anopheles atroparvus from Portugal with African Plasmodium falciparum*. *Revista Portuguesa de Doencas infecciosas*, 1989, **12**: 81–82.
- [40] **Shute PG.** *Malaria in England*. *Public Health*, 1945, **58**: 62–65.
- [41] **Ramsdale CD, Coluzzi M.** *Studies on the infectivity of tropical African strains of Plasmodium falciparum to some southern European vectors of malaria*. *Parasitologia*, 1975, **17**: 39–48.
- [42] **Martens P.** *Health and climate change*. London, Earthscan, 1998.
- [43] **Danis M et al.** *Indigenous, introduced and airport malaria in Europe*. *Médecine et maladies infectieuses*, 1999, **26**: 393–396.
- [44] **Romi R, Di Luca M, Majori G.** *Current status of Aedes albopictus and Aedes atropalpus in Italy*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1999, **15**: 425–427.
- [45] **Lundstr m J.** *Mosquito-borne viruses in Western Europe: a review*. *Journal of Vector Ecology*, 1999, **24**: 1–39.
- [46] **Sutherst R.** *Implications of global change and climate variability for vector-borne diseases: generic approaches to impact assessments*. *International Journal for Parasitology*, 1998, **28**: 935–945.
- [47] **Lindgren E.** *Climate and tickborne encephalitis*. *Conservation Ecology*, 1998, **2**: 1–14.
- [48] **Jaenson T et al.** *Geographical distribution, host associations and vector roles of ticks (Acari: Ixodidae, Argasidae) in Sweden*. *Journal of Medical Entomology*, 1994; **31**: 240–256.
- [49] **Lindgren E, Talleklint L, Polfeldt T.** *Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*, 2000, **108**: 119–123.
- [50] **Dedet J, Pratlong F.** *Leishmania, Trypanosoma and maxoneous trypanosomatids as emerging opportunistic agents*. *Journal of Eukar-*

ytic Microbiology, 2000, 47: 37–39.

- [51] *La Salud en las Américas*, vol. I. Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud, 1998 (Publicación científica, No 569).
- [52] *Las condiciones de salud en las Américas*, vol. I. Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud, 1994 (Publicación científica, No 549).
- [53] **Vasconcelos, PFC et al.** *Clinical and ecoepidemiological situation of human arboviruses in Brazilian Amazonia*. Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science, 1992, **44**: 117–124.
- [54] **Bouma MJ et al.** *Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño–Southern Oscillation*. Tropical Medicine and International Health, 1997, **2**: 1122–1127.
- [55] **Poveda, G et al.** *Climate and ENSO variability associated with vector-borne diseases in Colombia*. In: Diaz HF, Markgraf V, eds. *El Niño and the Southern Oscillation, multiscale variability and regional impact*. Cambridge, Cambridge University Press, 1999.
- [56] **Bouma MJ, Dye C.** *Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela*. Journal of the American Medical Association, 1997, **278**: 1772–1774.
- [57] **Telleria AV.** *Health consequences of the floods in Bolivia in 1982*. Disasters, 1986, **10**: 88–106.
- [58] **Cedeño JEM.** *Rainfall and flooding in the Guayas river basin and its effects on the incidence of malaria 1982–1985*. Disasters, 1986, **10**: 107–111.
- [59] **Russac PA.** *Epidemiological surveillance: malaria epidemic following el Niño phenomenon*. Disasters, 1986, **10**: 112–117.
- [60] **Burgos JJ et al.** *Malaria and global climate change in Argentina*. Entomology of Vectors, 1994, **1**: 123.
- [61] **Curto de Casas SI, Carcavallo RU.** *Climate change and vector-borne diseases distribution*. Social Science and Medicine, 1995, **40**: 1437–1440.
- [62] **Carcavallo RU, Curto de Casas, SI.** *Some health implications of global warming in South America*. Journal of Epidemiology, 1996, **6**: 5153–5157.
- [63] **Martens P et al.** *Climate change and future populations at risk of malaria*. Global Environmental Change, 1999, **9**: S89–S107.
- [64] **Yates DN.** *Climate change impacts on the hydrologic resources of South America: an annual, continental scale assessment*. Climate Research, 1997, **9**: 147–155.
- [65] **Patz JA et al.** *Predicting key malaria transmission factors, biting and entomological inoculation rates using modeled soil moisture in Kenya*. Journal of Tropical Medicine and International Health, 1998, **3**: 818–827.
- [66] **Costa CH.** *Urbanization and kala-azar in Brazil: kala-azar in Teresina*. In: Brandão Filho, SP, ed. *Research and control of leishmaniasis in Brazil*. Proceedings of a Workshop. Recife, Cpag, Fiocruz, 1993.
- [67] **Silva AR et al.** *[Leishmaniasis visceral (kala-azar) en la isla de São Luis, Maranhão, Brasil: evolución y perspectivas.]* Revista de la Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 1997, **30**: 359–368 (en portugués).
- [68] **Lean J, Warrilow DA.** *Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation*. Nature, 1989, **342**: 411–413.
- [69] **Nobre CA, Sellers PJ, Shukla J.** *Amazon deforestation and regional climate change*. Journal of Climate, 1991, **4**: 957–988.
- [70] **Shukla J, Nobre C, Sellers P.** *Amazon deforestation and climate change*. Science, 1990, **247**: 1322–1325.
- [71] **Chivian E.** *Global environmental degradation and biodiversity loss: implications for human health*. In: Grifo F, Rosenthal J, eds. *Biodi-*

- versity and human health. Washington, DC, Island Press, 1998: 7–38
- [72] **Foo LC et al.** *Rainfall, abundance of Aedes aegypti and dengue infection in Selanjor, Malaysia.* Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 1985, **16**: 560–568.
- [73] **Jetten TH, Focks DA.** *Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming.* American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1997, **57**: 285–297.
- [74] **Karl TR, Knight RW, Plummer N.** *Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century.* Nature, 1995, **377**: 217–220.
- [75] **Groisman PY, Easterling DR.** *Variability and trends of precipitation and snowfall over the United States and Canada.* Journal of Climate, 1994, **7**: 186–205.
- [76] **Karl TR et al.** *Indices of climate change for the United States.* Bulletin of the American Meteorological Society, 1996, **77**: 279–303.
- [77] **Shriner DS et al.** *North America. The regional impacts of climate change.* Cambridge, Cambridge University Press, 1998.
- [78] **Gill J, Stark LM, Clark GC.** *Dengue surveillance in Florida, 1997–98.* Emerging Infectious Diseases, 2000, **6**: 30–35.
- [79] **Lanciotti RS et al.** *Origin of the West Nile virus responsible for an outbreak of encephalitis in the northeastern United States.* Science, 1999, **286**: 2333–2337.
- [80] **Mount GA et al.** *New version of LSTSIM for computer simulation of Amblyomma americanum (Acari: Ixodidae) population dynamics.* Journal of Medical Entomology, 1993, **30**: 843–857.
- [81] **Glass GE.** *Predicting Ixodes scapularis abundance on whitetailed deer using geographic information systems.* American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1994, **51**: 538–544.
- [82] **Haile DG.** *Computer simulation of the effects of changes in weather patterns on vector-borne disease transmission.* Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 1989.
- [83] **Layton M et al.** *Mosquito transmitted malaria in New York, 1993.* Lancet, 1995, **346**: 729–731.
- [84] **Zucker JR.** *Changing patterns of autochthonous malaria transmission in the United States: a review of recent outbreaks.* Emerging Infectious Diseases, 1996, **2**: 37–43.
- [85] **Gubler DJ, Trent DW.** *Emergence of epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health problem in the Americas.* Infectious Agents Diseases, 1994, **2**: 383–393.
- [86] **Dengue and dengue hemorrhagic fever in the Americas: guidelines for prevention and control.** Washington, DC, Organización Panamericana de la Salud, 1994.
- [87] **Trent DW.** *Genetic variation among dengue 2 viruses of different geographic origin.* Virology, 1983, **128**: 271–284.
- [88] **Chandler AC.** *Factors influencing the uneven distribution of Aedes aegypti in Texas cities.* American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1945, **25**: 145–149.
- [89] **Shope RE.** *Global climate change and infectious diseases.* Environmental Health Perspectives, 1991, **96**: 171–174.
- [90] **Patz JA et al.** *Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change.* Environmental Health Perspectives, 1998, **106**: 147–153.
- [91] **Shope RE.** *Arbovirus-related encephalitis.* Yale Journal of Biology and Medicine, 1980, **53**: 93–99.
- [92] **Hardy JL.** *Susceptibility and resistance of vector mosquitoes.* In: Monath TP, ed. The arboviruses: epidemiology and ecology. Boca

Raton, CRC Press, 1988.

- [93] **Reisen WK.** *Effect of temperature on the transmission of Western Equine encephalomyelitis and St. Louis encephalitis viruses by Culex tarsalis (Diptera: Culicidae).* Journal of Medical Entomology, 1993, **30**: 151–160.
- [94] **Reeves WC.** *Potential effect of global warming on mosquito-borne arboviruses.* Journal of Medical Entomology, 1994, **31**: 323–332.
- [95] **Monath TP, Tsai TF.** *St. Louis encephalitis: lessons from the last decade.* American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1987, **37**: 40–59.
- [96] **Bowen SG, Franczy DB.** *Surveillance.* In: Monath TP, ed. *St. Louis Encephalitis.* Washington, DC, American Public Health Association, 1980.
- [97] **Schneider SH.** *Global warming: are we entering the greenhouse century?* New York, Vintage Books. 1990.
- [98] **Houghton JT et al., eds.** *Climate change, 1995—the science of climate change: contribution of working group I to the Second Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change.* Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- [99] **Freier JE.** Eastern equine encephalomyelitis. *Lancet*, 1993, **342**: 1281–1282.
- [100] **Wenzel RP.** *A new hantavirus infection in North America.* New England Journal of Medicine, 1994, **330**: 1004–1005.
- [101] **Engelthaler DM et al.** *Climatic and environmental patterns associated with hantavirus pulmonary syndrome, Four Corners region, United States.* Emerging Infectious Diseases, 1999, **5**: 87–94.
- [102] **Glass GE et al.** *Using remotely sensed data to identify areas at risk for hantavirus pulmonary syndrome.* Emerging Infectious Diseases, 2000, **6**: 238–247.
- [103] **Parmenter RR, Prattrap YE, Parmenter CA.** *Incidence of plague associated with increased winter-spring precipitation in New Mexico.* American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1999, **61**: 814–821. 1999, **61**: 814–821.
- [104] **Trejejo RT et al.** *Epidemic leptospirosis associated with pulmonary hemorrhage—Nicaragua, 1995.* Journal of Infectious Diseases, 1998, **178**: 1457–1463.
- [105] **Demers RY et al.** *Exposure to Leptospira icterohaemorrhagiae in inner-city and suburban children: a serologic comparison.* Journal of Family Practice, 1983, **17**: 1007–1011.
- [106] **Bouma MJ, Dye C, van der Kaay HJ.** *Falciparum malaria and climate change in the northwest frontier province of Pakistan.* American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1996, **55**: 131–137.
- [107] *El Niño and its health impacts.* Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2000 (WHO Fact Sheet No. 192 revised in March 2000—Aide-mémoire No 192, re´ vise´ en mars 2000).  
<http://www.who.int/home/info>
- [108] *Dengue in the WHO Western Pacific Region.* Weekly Epidemiological Record —Relevé épidémiologique hebdomadaire, 1998, **73** (36): 273–277.
- [109] **Hales S et al.** *El Niño and the dynamics of vector-borne disease transmission.* Environmental Health Perspectives, 1999, **107**: 99–102.
- [110] **Russell RC.** *Mosquito-borne arboviruses in Australia: the current scene and implications of climate change for human health.* International Journal of Parasitology, 1998, **28**: 955–969.
- [111] **Maguire T.** *Do Ross River and dengue viruses pose a treta to New Zealand?* New Zealand Medical Journal, 1994, **107**: 448–450.

# **Cambio climático y enfermedades infecciosas. Un nuevo escenario epidemiológico**

---

**por Jaime Cerda L., Gonzalo Valdivia C., M. Teresa Valenzuela B.  
y Jairo Venegas L.**



## Resumen

*Para la comunidad científica internacional, es indudable que la temperatura del planeta está en aumento, habiéndose proyectado un aumento medio de 1.0°C-3.5°C hacia el año 2100. Las consecuencias pronosticadas son diversas, la mayor parte de ellas adversas para la salud humana, incluyendo el establecimiento de escenarios favorables para la aparición y emergencia de enfermedades infecciosas. El presente artículo resume evidencias disponibles en cuanto a los mecanismos que promueven el cambio climático, sus efectos ambientales y consecuencias sobre la salud humana. Para lograr este objetivo, se describen cambios demostrados en la dinámica de zoonosis, enfermedades vectoriales, provenientes de la comida y del agua. Se comenta sobre la posición de Chile en la comunidad internacional, así como sobre múltiples desafíos pendientes, entre los cuales sobresale la importancia de incorporar profesionales que trabajan en el sector de salud al debate nacional.*

## Abstract

*For the international scientific community, it is undoubted that planetary temperature is increasing, being projected an average raise of 1.0 °C-3.5 °C by the year 2100. Forecasted consequences are diverse, most of them adverse for human health, including the establishment of favorable epidemiological scenarios for the emergence and reemergence of infectious diseases. The present article summarizes the available evidence regarding the mechanisms that promote climate change, its environmental effects and its consequences on human health. In order to accomplish this objective, demonstrated changes in the dynamics of zoonotic, vectorial, food and water-borne diseases are described. The position of Chile in the international community is commented, as well as multiple pending challenges, among which outstands the importance of incorporating professionals that work in the health sector to the national debate.*

**Palabras clave.-** Cambio climático, calentamiento global, enfermedades infecciosas.

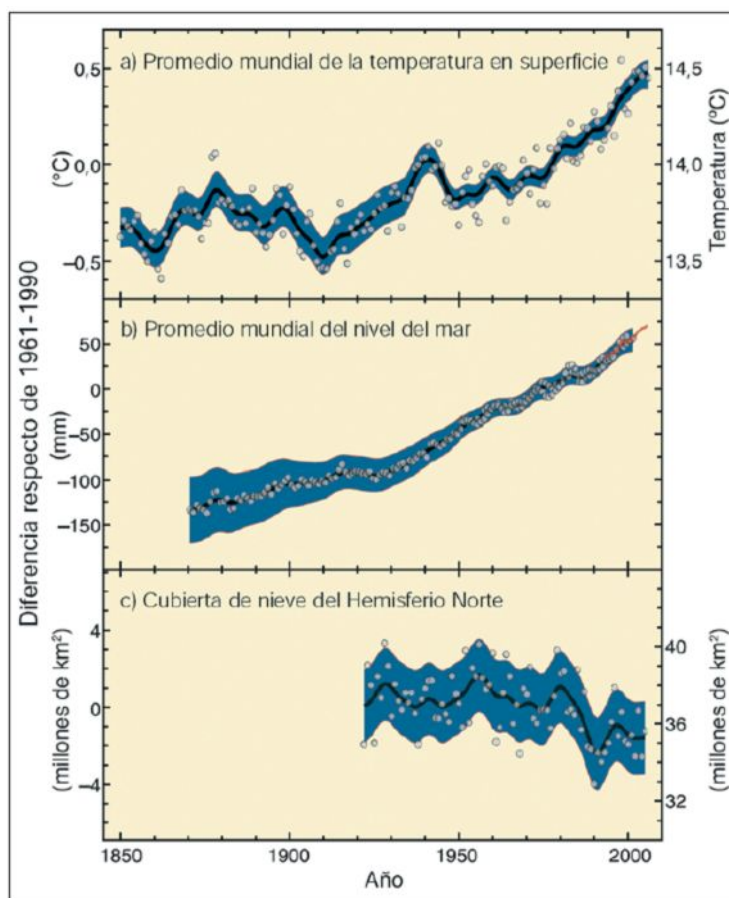
**Keywords.-** Climate change, global warming, infectious diseases.

## Introducción

Para la comunidad científica mundial, el aumento progresivo de la temperatura del clima planetario es un hecho inequívoco. Once de los 12 años que integran el período 1995-2006 se encuentran entre los más cálidos desde 1850, según los registros instrumentales de temperatura global en superficie. Numerosas investigaciones han documentado las consecuencias de este proceso, reflejado en un acelerado derretimiento de masas de nieve y su consiguiente aumento del nivel promedio de los mares<sup>1</sup> (Figura 1).

Siendo el clima un componente importante de numerosos ecosistemas, cualquier variación mayor que éste experimente afectará a los demás componentes, entre los cuales se incluyen microorganismos, vectores insectarios, reservorios animales y seres humanos susceptibles, generando un cambio en la incidencia y distribución de numerosas patologías, mayoritariamente infecciosas. Al respecto, existe preocupación mundial en torno al impacto que el cambio climático puede producir sobre la distribución y carga de enfermedad, especialmente en países en vías de desarrollo<sup>2</sup>.





**Figura 1.** Cambios en la temperatura, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del hemisferio norte. Variación observada de: a) el promedio mundial de las temperaturas en superficie; b) el promedio mundial del nivel del mar a partir de datos mareométricos (azul) y satelitales (rojo); y c) la cubierta de nieve del Hemisferio Norte durante marzo-abril. Todas las diferencias han sido calculadas respecto de los promedios correspondientes durante el período 1961-1990. Las curvas alisadas representan los valores promediados decenalmente, mientras que los círculos denotan los valores anuales. Las áreas sombreadas representan los intervalos de incertidumbre estimados a partir de un análisis completo de las incertidumbres conocidas (a y b) y de la serie temporal c). Fuente: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio climático 2007: Informe de Síntesis. Resumen para Responsables de Políticas (figura R.R.P.1.). Disponible en <http://www.ipcc.ch>. Reproducido con autorización de los autores.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático<sup>1</sup>, principal colaboración científica internacional en la materia, ha proyectado un aumento de la temperatura promedio planetaria de 1,0-3,5°C para el año 2100, con variaciones regionales considerables. Las consecuencias pronosticadas son muy diversas, siendo en su mayoría adversas para la salud humana<sup>3</sup>,

entre las cuales se incluyen el establecimiento de escenarios epidemiológicos propicios para la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas en diversas regiones del planeta<sup>4,5</sup>. Tanto su novedad como sus potenciales efectos deletéreos imponen la necesidad de caracterizarlos con prontitud, con el fin de establecer oportunamente estrategias de preven-

ción, mitigación y adaptación destinadas a reducir su impacto medioambiental. Frente a tal amenaza, surgen de inmediato una serie de preguntas: ¿Cuál es la evidencia disponible en torno a los mecanismos generadores del cambio climático? ¿Qué efectos medioambientales le son atribuibles? ¿Cuáles son sus consecuencias sobre la salud humana? El presente artículo intentará dar respuesta a estas y otras interrogantes sintetizando la evidencia disponible en torno a los mecanismos generadores del cambio climático, sus efectos medioambientales y sus consecuencias sobre la salud humana, con especial énfasis en los cambios previstos en la dinámica de ocurrencia de enfermedades infecciosas.

*¿Qué factores explican el fenómeno del cambio climático? ¿Cómo se vincula este fenómeno y sus efectos sobre la salud humana?*

La evidencia disponible señala que más de 90% del cambio climático planetario es atribuible a actividades humanas<sup>6,7</sup>, responsables de una intensificación del “efecto invernadero”. En términos simples, parte de los rayos solares que alcanzan la superficie terrestre son nuevamente irradiados hacia el espacio en

forma de rayos infrarrojos, reteniéndose una fracción por acción de los gases que componen la atmósfera terrestre, cubierta que actúa de modo análogo a un invernadero planetario. Durante miles de años el efecto invernadero ha propiciado las condiciones necesarias para la génesis y mantenimiento de diversas formas de vida; en su ausencia, la tierra sería un planeta estéril, cuya temperatura promedio alcanzaría los  $-18^{\circ}\text{C}^{3,7}$ . Las concentraciones atmosféricas de los llamados “gases de efecto invernadero” (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) han aumentado marcadamente a partir de 1750, excediendo hoy en día ampliamente sus valores anteriores a la Revolución Industrial. La quema de combustibles fósiles (e.g. carbón, petróleo y gas) unida a una progresiva deforestación, ha tenido como consecuencia una elevación de la concentración atmosférica de dióxido de carbono y metano a niveles muy superiores al rango de valores normales establecido para los últimos 650.000 años. Esta situación ha sido responsable de la tendencia lineal de calentamiento objetivada durante los últimos 100 años, proyectándose mediante modelos matemáticos un aumento sostenido de la temperatura planetaria durante el presente siglo, cuya

Variables intermediarias	Consecuencias en salud
Cambios en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos externos.	Muertes, traumatismos, trastornos psicológicos, daño a la infraestructura de salud pública.
Efecto sobre el rango y actividad de vectores parásitos.	Cambio en rangos geográficos e incidencia de enfermedades vectoriales.
Cambios ecológicos locales de agentes infecciosos transmitidos por agua y alimentos.	Cambios en la incidencia de diarrea y otras enfermedades infecciosas.
Cambios en la productividad de alimentos mediados por cambios climáticos y sus plagas y enfermedades asociadas.	Desnutrición y hambrunas y sus consiguientes trastornos inmunitarios y en el crecimiento y desarrollo infantil.
Aumento del nivel oceánico, con desplazamientos de poblaciones y daños sobre la infraestructura.	Reducción de terrenos cultivables, aumento del riesgo de enfermedades infecciosas y trastornos psicológicos.
Impacto biológico de cambios en la contaminación del aire (incluyendo pólenes y esporas).	Asma y alergias, otros trastornos respiratorios agudos y crónicos y muertes.
Trastornos sociales, económicos y demográficos mediados por efectos sobre la economía, infraestructura y disponibilidad de recursos.	Amplio rango de consecuencias en salud pública: trastornos nutricionales y psicológicos, enfermedades infecciosas y conflictos civiles.

Tabla 1. Variables intermediarias entre el cambio climático y efectos en la salud humana  
Fuente: Modificado de Haines A., et al<sup>8</sup>.

magnitud será dependiente de escenarios específicos de emisiones<sup>1</sup>.

La secuencia cambio climático-efectos sobre la salud humana no puede ser comprendida sin referirse a un conjunto de variables intermediarias entre ambos eventos, siendo éstas consecuencias del cambio climático y, a su vez, causas (no necesarias ni suficientes) de efectos sobre la salud humana. Entre estas variables intermediarias destacan el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (e.g. olas de calor, inundaciones, sequías), efectos en el rango y actividad de vectores y parásitos, cambios ecológicos locales de agentes infecciosos transmitidos por agua y alimentos, disminución de la productividad agrícola y aumento del nivel oceánico (Tabla 1)<sup>3</sup>. La interacción de estas variables en un determinado tiempo y lugar tiene como consecuencia el establecimiento de escenarios epidemiológicos propicios para la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas, muchas de ellas consideradas erradicadas. A continuación, se describirán los cambios observados y proyectados en dos tipos de enfermedades infecciosas “vectoriales” y “zoonóticas y transmitidas por agua y alimentos”, posiblemente las más afectadas por el cambio climático.

### *Cambios en la dinámica de enfermedades zoonóticas y vectoriales. Un claro ejemplo de la asociación entre cambio climático y enfermedades infecciosas*

La emergencia y reemergencia de enfermedades vectoriales y zoonóticas en numerosas regiones del planeta constituye un claro ejemplo de asociación entre cambio climático y efectos sobre la salud humana. Diversas variables intermediarias dan cuenta de esta asociación (Tabla 1), teniendo como consecuencia final un cambio en el comportamiento epidemiológico de numerosas patologías tales como malaria, dengue, fiebre chikungunya y enfermedad de Lyme, las cuales emergen y reemergen en áreas donde hasta hace poco tiempo se consideraban erradicadas.

Un caso emblemático lo constituye la malaria, patología responsable de 350-500 millones de casos por año y más de un millón de muertes. A medida que las temperaturas globales aumentan y se alteran los pa-

trones de lluvias, el mosquito anófeles expande su hábitat hacia mayores latitudes y altitudes consideradas áreas libres de malaria, encontrando en dichas zonas un alto número de personas susceptibles<sup>7</sup>. Por otro lado, el período de tiempo que tarda el Plasmodium en desarrollarse al interior del anófeles disminuye a medida que aumenta la temperatura ambiental, hecho que podría favorecer una mayor transmisibilidad de esta enfermedad conforme aumenta el clima planetario. Naturalmente, el cambio climático no es la única variable que explica el resurgimiento de la malaria en diversas áreas del planeta, postulándose una serie de factores explicatorios complementarios tales como el incremento de la resistencia a antimaláricos, cesación de medidas de control vectoriales, deforestación y migraciones humanas<sup>5</sup>. Este último factor reviste particular importancia (especialmente en un mundo globalizado), por cuanto los desplazamientos de individuos y familias entre diferentes países aumentan tanto el número de personas susceptibles de enfermar como la probabilidad de que mosquitos no infectados adquieran el parásito, en caso de encontrarse la población migrante contagiada.

Tanto más emblemático es el caso del dengue, patología que hoy en día afecta entre 50 y 100 millones de personas anualmente. Su vector principal, el *Aedes aegypti* (mosquito que también es vector del virus de la fiebre amarilla) presenta hoy en día una distribución mundial en los trópicos. Su creciente expansión no solamente ha ocurrido a consecuencia de la existencia de climas progresivamente más cálidos y húmedos, sino también promovida por una creciente urbanización no planificada, especialmente en países en vías de desarrollo, cuyas ciudades ofrecen hábitats idóneos para el desarrollo de las larvas del mosquito (e.g. restos de agua en envases plásticos y neumáticos en desuso)<sup>5</sup>. Tal es la situación de América Latina, región que cuenta con 77% de población urbana (2005) y donde un número considerable de personas viven en comunidades altamente urbanizadas, con redes sanitarias deficientes y medidas de control vectoriales insuficientes. Tan alta concentración de personas conviviendo en espacios geográficos relativamente pequeños aumenta la masa crítica de transmisibilidad del dengue<sup>8</sup>.

La evidencia ha demostrado que la incidencia de dengue en áreas endémicas presenta estacionalidad y periodicidad inter-anual, reflejo de cambios en las condiciones de temperatura y humedad. Asimismo, la incidencia de dengue ha sido correlacionada positivamente a los fenómenos climáticos de El Niño/La Niña, cuya frecuencia se ha visto incrementada a partir de la década de 1970 en comparación a los últimos 100 años<sup>9</sup>.

Al igual que en el caso de la malaria, el cambio climático operaría como un catalizador de un proceso multifactorial, cuya consecuencia final es un cambio en la epidemiología de dos importantes enfermedades vectoriales.

El nuevo escenario climático planetario no solamente tiene consecuencias sobre países en vía de desarrollo, sino también en naciones del primer mundo. A partir de 1996 se han registrado epidemias de virus Nilo Oeste (West Nile) con un número sin precedentes de muertes y casos graves de encefalitis en Rumania, Rusia y E.U.A. (específicamente Nueva York). Desde 1999, el virus se ha expandido en dirección oeste sobre gran parte del continente norteamericano, encontrándose en más de 110 especies de aves salvajes y domésticas, siendo muchas de ellas reservorios competentes<sup>5</sup>. Por su parte, durante 2007 se reportó el primer brote de fiebre chikungunya (enfermedad viral transmitida por el mosquito *Aedes albopictus*) en un área no-tropical, específicamente en Italia, identificándose entre los meses de julio y septiembre 205 casos. El análisis filogenético del virus chikungunya demostró una alta similitud entre las cepas encontradas en Italia con aquellas identificadas en un brote ocurrido previamente en islas del Océano Índico<sup>10</sup>, reflejo de un intenso proceso de migración vectorial. Por último, entre los meses de enero y marzo de 2008 se documentó la ocurrencia de un brote epidémico de fiebre amarilla en zonas urbanas aledañas a la ciudad de Asunción, Paraguay, confirmándose 24 casos y 8 muertes. En aquel país no se había registrado un brote a causa de esta enfermedad en los últimos 34 años, situación que motivó la implementación de una campaña de vacunación masiva (1,5 millones de personas), con el fin de proteger a la población susceptible en áreas consideradas de riesgo<sup>11</sup>.

### *Cambios en la dinámica de enfermedades transmitidas por agua y alimentos. Una segunda modalidad de asociación entre cambio climático y enfermedades infecciosas*

En el planeta, se estima que 1.100 millones de personas carecen de suministro de agua potable y 2.400 millones de personas carecen de saneamiento básico<sup>4</sup>. Una de las consecuencias del cambio climático sobre los sistemas hidrológicos es la reducción de la disponibilidad de agua y el aumento de sequías en diversas regiones del planeta, esperándose un incremento del número de personas afectadas por las carencias anteriormente señaladas<sup>1</sup>. El escenario se torna más riesgoso si se considera que las lluvias intensas e inundaciones facilitan el transporte veloz de patógenos hacia las fuentes de suministro de agua<sup>2</sup>.

La sobrevida y persistencia de microorganismos causantes de enfermedad está directamente influenciada por la temperatura. Se ha demostrado que los principales microorganismos causantes de gastroenteritis aguda se multiplican más rápidamente en condiciones más cálidas, tal cual indica la asociación directa observada entre el número de casos mensuales de salmonelosis en Nueva Zelanda y la temperatura media mensual<sup>12</sup>. Por consiguiente, es esperable un aumento en la frecuencia de brotes y epidemias de enfermedades como cólera y fiebre tifoidea si la calidad del agua sufre un deterioro. Este hecho reviste vital importancia si se considera que, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 1,62 millones de niños bajo 5 años de edad mueren anualmente por diarrea, siendo la mayoría de los casos atribuible a aguas contaminadas<sup>7</sup>. El aumento en el número de episodios de diarrea impone también una alta carga sanitaria a los sistemas de salud. Al respecto, Checkley y colaboradores, analizaron los efectos del fenómeno de El Niño en la epidemiología de las diarreas infantiles en Lima, Perú<sup>13</sup>. Durante la ocurrencia de este fenómeno climático (1997-98), la temperatura ambiental promedio aumentó 5°C, registrándose un incremento de 200% en la tasa de ingresos diarios a una Unidad de Rehidratación Oral. Los investigadores determinaron que 6.225 ingresos (10,9% del total) fueron atribuibles a El Niño, con un costo aproximado de

US\$277.000. En base a datos registrados con anterioridad a la presencia de este fenómeno climático, la investigación demostró un aumento de 8% en la tasa de ingresos por cada grado de aumento de la temperatura promedio ambiental. Los resultados de esta investigación concuerdan con los reportados por Gil y Cols, quienes demostraron una correlación positiva y significativa entre la incidencia de cólera y el alza de la temperatura de superficie de las aguas que bañan las costas peruanas<sup>14</sup>. Por consiguiente, es presumible que la carga de enfermedad por las patologías descritas aumentará en la medida que el cambio climático se intensifique, afectando mayoritariamente a naciones en vías de desarrollo.

Una externalidad positiva del cambio climático es el favorecer el crecimiento de algunos cultivos mediado por el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico. Sin embargo, el escenario predictor más factible apunta hacia una disminución mundial de la oferta alimentaria, debido a la reducción de terrenos cultivables (secundaria al aumento del nivel oceánico costero, producto del derretimiento de grandes masas de hielo) y al aumento de sequías e inundaciones en diferentes regiones del planeta (secundarias a una mayor evaporación del agua y redistribución de las precipitaciones). En un mundo cuya población crece progresivamente, esta situación podría aumentar la tasa de desnutrición, -la cual afecta en la actualidad a 800 millones de personas<sup>15</sup>, siendo esta última un reconocido factor de riesgo para contraer enfermedades infecciosas<sup>4</sup>. Los escenarios predictores indican que los más afectados serán los pequeños agricultores, especialmente en aquellas regiones del planeta donde el suministro de alimentos ya es irregular<sup>1</sup>. El acceso a la tecnología en sectores y entornos claves determinará en grado considerable la capacidad de adaptación ante esta amenaza, constituyendo un desafío a enfrentar<sup>12</sup>.

Finalmente, el desplazamiento de refugiados ambientales debido a inundaciones y eventos climáticos extremos también ha sido asociado a un aumento de riesgo de transmisión de enfermedades vía agua y alimentos<sup>2</sup>. En el año 2007, las lluvias e inundaciones ocurridas durante los monzones desplazaron cerca de 16 millones de habitantes en el sudeste asiático (11

millones en India, 4,5 millones en Bangladesh y 250 mil en Nepal)<sup>9</sup>. Generalmente, la infraestructura sanitaria del lugar que recibe a los migrantes se ve superada, asimismo, las instalaciones provisorias (e.g. albergues, campamentos) proveen un fecundo escenario para el surgimiento de brotes infecciosos y de contagio interpersonal producto del hacinamiento, acceso limitado a suministros de agua potable y alimentos, insuficiente oferta de atención médica, falta de higiene y deficientes barreras de contacto con animales y vectores<sup>16</sup>.

### Chile frente al cambio climático

El Comité Asesor Nacional de Cambio Climático (entidad creada en 1996 y que actúa como institucionalidad nacional para abordar la temática en nuestro país), a través de la publicación Estrategia Nacional de Cambio Climático (CANCC)<sup>17</sup>, ha sostenido que Chile es un país social, económica y ambientalmente vulnerable al cambio climático. Por ello, gran parte de las consecuencias previstas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático<sup>1</sup> podrían ocurrir o ya están ocurriendo en el país. De igual forma, señala que Chile es parte ratificante de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y de su Protocolo de Kyoto<sup>18</sup>; como tal, tiene responsabilidad en el cumplimiento de las obligaciones adquiridas. Una parte fundamental de este documento tiene relación con los principales desafíos pendientes, cuales son: avanzar en estudios del impacto del cambio climático en determinados rubros; desarrollar estudios de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero; e incorporar medidas de mitigación y adaptación en los planes de desarrollo nacional, regional y local. Es importante destacar que la participación del sector salud en el debate nacional en torno al tema no ha sido amplia. De hecho, de las nueve instituciones que componen el Comité Asesor Nacional de Cambio Climático (Comisiones Nacionales del Medio Ambiente- CONAMA, Energía y de Investigación Científica y Tecnológica-CONICYT; Ministerios de Relaciones Exteriores y Agricultura; Direcciones General de Territorio Marítimo y Marina Mercante y Meteorológica



de Chile, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile y Academia Chilena de Ciencias), ninguna está vinculada directamente al sector salud.

### *¿Qué podemos concluir a la luz de la evidencia expuesta?*

Si bien la evidencia disponible respalda la asociación entre cambio climático y emergencia/reemergencia de enfermedades infecciosas, este fenómeno es de tipo multifactorial, constituyendo una sobresimplificación del mismo excluir otras variables en el modelo explicatorio final. Existe una serie de factores que juegan un rol clave, tales como la progresiva resistencia a insecticidas y medicamentos, deforestación, cambios en políticas públicas sanitarias (e.g. reducción de vigilancia, prevención y control vectorial), cambios demográficos (e.g. crecimiento poblacional, migraciones, urbanización) y cambios en las condiciones habitacionales (e.g. disponibilidad de redes de alcantarillado), entre otros, los cuales deben ser incluidos en el modelo explicatorio final<sup>5</sup>. Los escenarios predictores de temperaturas globales no son alentadores, existiendo numerosa evidencia que apunta hacia un aumento de las emisiones de gases con efecto invernadero durante las próximas décadas, incrementando el calentamiento global e induciendo cambios en el sistema climático planetario, cuya magnitud durante el siglo XXI excederá la observada durante el siglo XX. Sin embargo, el panorama no es del todo sombrío. Existen diversas estrategias a implementar -tanto de adaptación como de mitigación-, íntimamente ligadas al desarrollo social y económico de los pueblos, cuya ejecución requiere de una amplia coordinación y cooperación internacional. Si bien las estrategias de mitigación y adaptación no pueden por sí solas evitar todos los efectos del cambio climático, éstas pueden complementarse para reducir significativamente los riesgos que este fenómeno planetario implica<sup>1</sup>. Es importante destacar el hecho de que, en el corto plazo, las estrategias de mitigación de emisiones de gases con efectos invernadero (e.g. reducción de quema de combustibles fósiles) pueden presentar numerosas externalidades positivas, principalmente secundarias a la reducción de los efectos adversos atribuibles a la contaminación

ambiental. Entre estos efectos positivos destacan la reducción de hospitalizaciones por causa cardiovascular, consultas médicas infantiles, casos de crisis asmáticas y días de ausentismo laboral, entre otros<sup>19</sup>.

Siendo una de las principales consecuencias del cambio climático sus efectos sobre la salud humana, nuestra invitación como profesionales de la salud es a informarnos debidamente sobre el tema, con el fin último de participar activamente en el debate nacional e internacional en torno al mismo, hecho de vital importancia si se considera que las acciones que se emprendan hoy tendrán importantes efectos en la salud de generaciones venideras.

## **Resumen**

**Para la comunidad científica mundial, el aumento progresivo de la temperatura del clima planetario es un hecho inequívoco, proyectándose para el año 2100 un incremento de la temperatura promedio de 1,0-3,5°C. Las consecuencias pronosticadas son muy diversas, siendo en su mayoría adversas para la salud humana, entre las cuales se incluyen el establecimiento de escenarios epidemiológicos propicios para la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas. El presente artículo sintetiza la evidencia disponible en torno a los mecanismos generadores del cambio climático, sus efectos medioambientales y sus consecuencias sobre la salud humana. Para ello, se describen cambios ya objetivados en la dinámica de enfermedades zoonóticas y vectoriales y de enfermedades transmitidas por agua y alimentos. Se comenta la posición de Chile en el concierto internacional y sus múltiples desafíos pendientes, destacándose la importancia de incorporar al debate nacional a profesionales que trabajan en el sector salud.**



## Referencias bibliográficas

- [1] **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** *Fourth Assessment Report (AR4). Summary for Policymakers.* <http://www.ipcc.ch> (Accedido el 17 junio 2008).
- [2] **Greer A, Ng V, Fisman D.** *Climate change and infectious diseases in North America; the road ahead.* Can Med Assoc J 2008; **178**: 715-22.
- [3] **Haines A, McMichael A, Epstein P.** *Environment and health: 2. global climate change and health.* Can Med Assoc J 2000; **163**: 729-34.
- [4] **Khasnis A, Nettleman M.** *Global warming and infectious disease.* Arch Med Res 2005; **36**: 689-96.
- [5] **Zell R.** *Global climate change and the emergence/re-emergence of infectious diseases.* Int J Med Microbiol 2004; **293** (Suppl 37): 16-26.
- [6] **McMichael A, Woodruff R, Hales S.** *Climate change and human health: present and future risks.* Lancet 2006; **367**: 859-69.
- [7] **Shea K.** *Global climate change and children's health.* Pediatrics 2007; **120**: 1359-67.
- [8] **Barclay E.** *Is climate change affecting dengue in the Americas?* Lancet 2008; **371**: 973-4.
- [9] **Senior K.** *Climate change and infectious disease: a dangerous liaison?* Lancet Infect Dis 2008; **8**: 92-3.
- [10] **Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli A C, Panning M.** *Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region.* Lancet 2007; **370**: 1840-6.
- [11] **World Health Organization (WHO).** *Weekly Epidemiological Record* 2008; **83**: 105-8.
- [12] **World Health Organization (WHO).** *Climate change and human health-risks and responses.* Summary. <http://www.who.int> (Accedido el 17 junio 2008).
- [13] **Checkley W, Epstein L, Gilman R, Figueroa D, Cama R, Patz J, et al.** *Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children.* Lancet 2000; **355**: 442-50.
- [14] **Gil A, Louis V, Rivera I, Lipp E, Huq A, Lanata C, Taylor D, et al.** *Occurrence and distribution of Vibrio cholerae in the coastal environment of Peru.* Environ Microbiol 2004; **6**: 699-706.
- [15] **Haddad L, Martorell R.** *Feeding the world in the coming decades requires improvements in investment, technology and institutions.* J Nutr 2002; **132**: 3435-6S.
- [16] **Wilson M E.** *Travel and the emergence of infectious diseases.* Emerg Infect Dis 1995; **1**: 39-46.
- [17] **Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global.** *Estrategia Nacional de Cambio Climático* 2006. <http://www.sinia.cl> (Accedido el 13 abril 2008).
- [18] **United Nations (UN).** *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change* 1998. [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php) (Accedido el 17 junio 2008).
- [19] **Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis D.** *Hidden health benefits of greenhouse gas mitigation.* Science 2001; **293**: 1257-9.



# Crisis del ozono y crisis climática: similitudes y diferencias<sup>1</sup>

---

por Francesco Zaratti Sacchetti<sup>2</sup> y Marcos F. Andrade Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Basado en la conferencia magistral dictada por Francesco Zaratti a raíz del XXX aniversario de la fundación del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés.

<sup>2</sup> [fzaratti@fiumsa.edu.bo](mailto:fzaratti@fiumsa.edu.bo)

<sup>3</sup> Laboratorio de Física de la Atmósfera – Instituto de Investigaciones Físicas  
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

## Resumen

*La crisis del ozono, generada a partir del invento de unas sustancias industriales no tóxicas (los llamados CFC) estalló en la década de los '80. En este caso, sin embargo, ante contundentes pruebas científicas se llegó rápidamente a un consenso en cuanto a sus causas: de origen antropogénico, y a su solución: la interdicción de los CFC. Basados en el concepto de desarrollo sostenible se tomaron de inmediato medidas globales de carácter político y económico para frenar el daño hecho y restaurar, en tiempos razonables, las condiciones normales de la capa de ozono. El éxito se obtuvo con un raro consenso de científicos, políticos y operadores económicos en torno a las soluciones. Por otro lado, el calentamiento global, a pesar de la evidencia acumulada, sigue suscitando controversias en cuanto a sus causas y dubitaciones en cuanto a las soluciones. Se trata de una crisis mayor a la del ozono, con una diferente escala de costos y con implicaciones profundas para el estilo de vida de los países más industrializados, aspectos que hacen más compleja su solución.*

## Abstract

*The ozone crisis, generated from the invention of a few industrial non toxic substances (called CFCs), detonated in the 1980s. In this case, however, conclusive scientific evidence helped to rapidly obtain consensus regarding its anthropogenic causes, and its solution: the interdiction of CFCs. Based on the concept of sustainable development, political and economic global measures were taken to stop the damage and to restore, within a reasonable timeframe, normal conditions of the ozone layer. Success was achieved by a strange consensus reached by scientists, politicians and economic operators around the solutions. On the other hand, global warming and its possible impacts, in spite of the accumulated evidence, continues producing controversies with respect to its causes and doubts about its solutions. In this sense, global warming is a much larger crisis than the ozone crisis, with a different scale of costs and with deeper implications on the lifestyle of the most industrialized countries. These aspects make finding a solution a more complicated task.*

**Palabras clave.-** Clorofluorocarbonos (CFC), primavera austral, ozono estratosférico, hueco de ozono.

**Keywords.-** Chlorfluorocarbons (CFC), austral spring, stratospheric ozone, ozone layer.

## Introducción

No es una casualidad que la Ecología, o ciencia del ambiente, haya tenido una verdadera explosión en el seno de las ciencias naturales, a partir y como consecuencia del acelerado desarrollo económico del siglo XX.

Por una serie de causas, crecimiento poblacional y avances tecnológicos, grandes guerras y largos períodos de paz, la globalización cultural y el comercio internacional, para citar algunos, el planeta ha vivido

un período de consumo acelerado de sus recursos, con varios efectos colaterales que han tardado en ser entendidos en todos sus alcances por la opinión pública y los gobiernos.

Como consecuencia de ese período de consumo y derroche de los recursos naturales, el mundo ha vivido y sigue viviendo dos grandes crisis globales, de contenido similar, pero de significación muy diferente, una más sencilla, la del ozono, y otra más compleja, la crisis climática.

## Descripción de la crisis del ozono

El origen de la crisis del ozono se remonta a los años '30 del siglo XX, cuando en unos laboratorios industriales se inventaron unos compuestos químicos (a base de cloro, fluro y carbono) útiles para la industria de la refrigeración que tenían algo de milagroso: eran inocuos para la salud, no eran explosivos, no interactuaban con el agua ni con las sustancias más comunes, sobre todo no reaccionaban con los gases atmosféricos y, además eran económicos. Es decir eran sustancias muy estables en la troposfera. Por esas razones los CFC tuvieron un enorme éxito en la industria de refrigeradores, espumas y spray y su producción creció exponencialmente en la posguerra, paralelamente al incremento del nivel de vida de los países desarrollados.

Recién en la década de los '70, estudios teóricos y de laboratorio, a cargo de los químicos Rowland y Molina, y Crutzen (de manera independiente), pusieron en evidencia una debilidad de esos compuestos: su descomposición en presencia de la radiación ultravioleta (RUV) y la consecuente alta reactividad del cloro liberado. No obstante la intensidad típica de RUV en la troposfera no permitía descomponer los CFC en esa región de la atmósfera.

En esa época sin embargo, las observaciones atmosféricas no llamaban la atención de los científicos, hasta que, en la primavera austral del año 1986, científicos de la base antártica del Reino Unido detectaron una dramática disminución de la columna de ozono medida sobre su laboratorio. Esta disminución se producía en la estratosfera, una región situada entre 8 y 50 km. de altura en las zonas polares. Es interesante notar que, a pesar que ya existían satélites que medían la columna de ozono de manera global desde 1978, éstos no detectaron el fenómeno por motivos técnicos relacionados con el control de calidad de los datos.

Sin embargo, el descubrimiento de la masiva destrucción de ozono en el Polo Sur en la primavera austral, denominado "hueco de ozono", revivió la teoría de Rowland y Molina, y obligó a la NASA a reprocesar los datos descartados y, gracias a los medios de co-

municación, despertó la susceptibilidad de la opinión pública en torno al uso de los CFC, responsables de dañar la capa de ozono del planeta, provocando un incremento de la radiación ultravioleta con su secuela de efectos sobre la salud humana, la vida en general y los materiales.

Las pocas, aunque poderosas, industrias involucradas en la producción y comercio de CFCs, opusieron una feroz resistencia, "alquilando" científicos para contrarrestar a la teoría casi unánimemente aceptada, mientras ganaban tiempo para encontrar sustitutos de los gases incriminados. Hubo dos iniciativas tempestivas y exitosas. Por un lado los científicos acordaron realizar experimentos clave para probar la teoría de Rowland y Molina en la atmósfera de la Antártica, al tiempo que perfeccionaban los detalles de la misma. Paralelamente, la comunidad internacional, motivada por la presión de opinión pública, llegó a acuerdos (el primero fue el Protocolo de Montreal), que puede considerarse el nacimiento del concepto de Desarrollo Sostenible en respuesta al primer riesgo ambiental global, para limitar la producción y emisión de los CFC incriminados a la atmósfera. Los experimentos realizados en la Antártida demostraron de manera contundente que los CFC, inertes en la troposfera, eran los causantes de la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. En esta región de la atmósfera, sobre la Antártida, prevalecen condiciones climáticas especiales que permiten que se realicen ciertas reacciones químicas que permiten la disociación de los CFC y la posterior activación de moléculas de cloro en una serie de reacciones químicas denominadas heterogéneas. Ante esta situación inclusive la industria del sector se sumó pronto a estas medidas ofreciendo sustitutos eficaces a las sustancias agotadoras de la capa de ozono.

Los padres de la teoría, Rowland, Molina y Crutzen, recibieron el Premio Nóbel de la química el año 1995. Mario Molina es actualmente asesor del Presidente Barak Obama. Hay que tener cuidado, sin embargo, con los finales felices en la Ciencia. La recuperación del ozono antártico no es todavía un hecho contundente, ya sea por la lentitud de la solución, ya sea por efectos colaterales del Cambio climático.

En conclusión, si bien la guerra no está ganada aún, se tienen las armas apropiadas: el conocimiento científico, la voluntad política, la conciencia de la opinión pública y el apoyo de la industria, para llegar a buen término.

### Descripción de la crisis climática

También en este caso, el problema se origina a partir de datos experimentales que muestran comportamientos anómalos: el rápido incremento de dióxido de carbono en la atmósfera en los últimos 200 años y el incremento de la temperatura promedio del planeta en las últimas décadas, o sea sobre una escala temporal corta. En suma, todo cambia, pero no todo cambio es bueno.

Si bien la temperatura y concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera del planeta han sufrido ciclos de variación bastante amplios en el curso de la historia geológica, inclusive reciente, el crecimiento sostenido de los últimos años ha sido relacionado con las actividades del hombre. Por ejemplo, en los últimos 800 000 años la temperatura promedio del planeta ha variado unos 9°C entre periodo glaciares e interglaciares. Entre las principales causas de incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> se pueden mencionar la quema de combustibles fósiles, que se ha “disparado” desde el siglo XVII, la sobrepoblación humana y el consumo acelerado de los recursos naturales, especialmente de origen fósil.

No hay que confundir el efecto invernadero con el calentamiento global. El primero es el efecto benéfico de la atmósfera terrestre que retiene parte de la energía solar que impacta en la superficie del planeta para mantener una temperatura media constante a lo largo del tiempo, mientras el calentamiento global es una anomalía de ese efecto, cuando por el efecto del incremento de gases de efecto invernadero, se incrementa la temperatura de superficie para mantener el equilibrio radiativo del planeta.

Si bien es innegable la correlación entre concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura de la atmósfera, como

principal evidencia de esta teoría, sigue la controversia sobre si el incremento de la temperatura se debe a causas antropogénicas o naturales. La segunda posición sigue siendo minoritaria en el ámbito científico, aunque, es bueno recalcarlo, las industrias involucradas no parecen fomentar esa controversia, teniendo tal vez mejores argumentos en su defensa.

La opinión pública, gracias a los medios de comunicación y a iniciativas corporativas, como el video de Al Gore “Una verdad incómoda”, ha percibido también en este caso los riesgos de la crisis climática, aunque con mayores elementos de confusión entre mitos y realidades del cambio climático, como, para el caso de Bolivia, se describe en Andrade (2008) en la Revista Boliviana de Física.

El aspecto más crítico está en la reacción de los gobiernos, al tiempo que las industrias muestran una actitud mezclada de resignación ante la evidencia científica y soberbia ante la complejidad de las soluciones a la crisis.

### Comparación entre las dos crisis

Repasamos ahora similitudes y diferencias de las grandes crisis globales, en busca de la respuesta a la gran pregunta: ¿Por qué la crisis del ozono se resolvió rápida y globalmente, mientras la del cambio climático (CC) sufre retrasos, dubitaciones y falta de consensos?

- **Aspectos científicos**

Entre las similitudes se puede mencionar que los dos son fenómenos globales, en cuanto afectan a todo el planeta. Además ambos dependen de datos experimentales creíbles y con series temporales largas, aunque el CC requiere de datos más amplios en tiempo, espacio y variedad de parámetros. Finalmente ambos requieren de nociones científicas no convencionales: la química heterogénea, para el ozono, y la dinámica no lineal, para el clima. Existen, sin embargo, diferencias importantes. Se trata de fenómenos físicos bastante diferen-



tes, que no interactúan sustancialmente. Asimismo las causas de ambas crisis son muy diferentes: en un caso unos gases raros que afectan el ozono estratosférico (>8 km. de altura en los polos), en el CC unos gases comunes que afectan al balance energético de la troposfera. Además las implicaciones para la salud eran más directas en el caso del ozono (efectos de la radiación UV en la piel y los ojos) que en el caso del CC (subida de los mares, retroceso de glaciales, migraciones de seres vivos, posibles carestías y hambrunas, etc.).

Otras diferencias: La interpretación de los datos es mucho más compleja en el caso del CC, debido a que tratamos con fluctuaciones sobre medias, las cuales, a su vez, tienen fuertes fluctuaciones espaciales y temporales.

A diferencia del ozono, en la crisis del CC no se han encontrado (todavía) experimentos clave que demuestren sin lugar a ninguna duda que el incremento de gases de efecto invernadero son los causantes del calentamiento global, aunque existe un consenso muy amplio que esto es así (ver IPCC, 2007 por ejemplo). Más importante aún, los posibles efectos del incremento futuro de las concentraciones de gases y efecto invernadero están pobremente entendidos, especialmente a escala local. Esto se debe a que quien sabe a la localización del agujero de ozono en la Antártica, versus la globalización de las causas y de los efectos del CC. Finalmente existe el riesgo de las exageraciones en ambos casos: ovejas ciegas de la Patagonia; predicciones apocalípticas para el futuro próximo.

- **Aspectos económicos**

Las dos crisis implican una reconversión industrial que tiene un costo. Pero, mientras la crisis del ozono involucró a un puñado de industrias químicas transnacionales y a programas de subvenciones e incentivos a corto plazo para los países en desarrollo para que pusieran en práctica esa reconversión, en el caso del CC las industrias involucradas son más numerosas, abarcan sectores más amplios de

la economía e implican una escala de costos muchísimo mayor.

Si, además, consideramos que en la mitigación del CC están involucrados sectores como el transporte, con uso intensivo de mano de obra y un contorno económico extenso; o la industria de la energía fósil (gas, petróleo y carbón) en todas las fases de la cadena operativa y aplicativa, entendemos que lo que está en juego con el CC es un estilo de vida, basado en el consumo sin límites.

Algunas soluciones energéticas que apuntan al litio y los autos eléctricos han vuelto a poner en evidencia a los Recursos Naturales de Bolivia.

- **Aspectos políticos**

En ambos casos existe un discurso de cooperación de los responsables de la crisis hacia las víctimas. En el caso del ozono, además de frenar la producción de CFC en los países industrializados, se tuvo que subvencionar a los países menos desarrollados para que llevaran a cabo la reconversión de manera no traumática. Sin embargo, un programa similar para hacer frente al CC es simplemente quimérico. Por eso se ha optado por Protocolos, como el de Kyoto, que buscan por un lado compensar el consumo de los países industrializados a costa de la conservación de los recursos forestales en los países menos desarrollados y por el otro disminuir paulatinamente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero mejorando la eficiencia energética y reemplazando energías fósiles con energía no convencionales. Sin embargo, existe el grupo de países BRIC (Brasil, Rusia, India y China) que están excluidos de esas obligaciones de reducción a pesar de su gran contribución al problema.

En el fondo el reto consiste en cómo conciliar el desarrollo de cada país con los intereses de la humanidad, sin que los habitantes de ese país resientan demasiado de la crisis en su nivel de vida. Ese problema tal vez no tenga solución.

- **Aspectos de salud ambiental**

Las dos crisis tienen también similitudes y diferencias en el área de la salud ambiental. En efecto, ambas crisis implican daños a la salud humana, pero con características e implicaciones diferentes. Para empezar la crisis del ozono encontró en los efectos de la RUV sobre la salud humana su mejor aliado para movilizar a la opinión pública en la búsqueda de acuerdos globales de mitigación. El cáncer de piel y las cataratas oculares son consecuencias visibles y marcadas de un eventual incremento de la RUV. Toca directamente al individuo, aunque dentro del concepto estadístico casual. En suma, no se necesitaba recurrir sentimentalmente a los osos polares o a las mariposas amazónicas para impactar en la opinión pública.

A su vez, los impactos de la crisis climática sobre la salud son menos mencionados y aparecen más difusos y menos palpables; más que a personas individuales tocan a comunidades, supuestamente de países menos desarrollados y más vulnerables. De hecho, se menciona el riesgo de la migración de vectores infecciosos hacia regiones donde antes no podían vivir, se prevé un incremento de muertes a consecuencias de inundaciones o sequías, se asume mayor emergencia sanitaria por la escasez de agua y de alimentos, pero no se especifica ninguna enfermedad concreta causada universalmente por el cambio climático.

Esto no quiere decir, por supuesto, que esas enfermedades no existan (basta pensar en problemas cardiovasculares debido a temperaturas elevadas) ni que la emergencia sanitaria por el cambio climático sea inferior a la de la crisis del ozono, sólo que impacta menos en la opinión pública, porque se la ve más distante en el tiempo y en el espacio.

De todos modos nos parece que este tema debería ser estudiado con mayor profundidad e incorporado a la temática general del cambio climático, por la importancia que la opinión pública podría destinarle.

- **Aspectos éticos**

Ambas crisis tienen implicaciones éticas, tanto en el ámbito individual como colectivo. La conciencia de la limitación de los recursos de la Tierra, para uso de la presente y futuras generaciones, ha calado hondo desde la crisis del ozono. La gente estuvo dispuesta a renunciar a los spray o a pagar más por los productos sustitutivos de los CFC para frenar el deterioro del planeta. Pero, con el CC el cuestionamiento al estilo de vida consumista se ha hecho más profundo: el freno al deterioro del planeta pasa necesariamente por el freno al consumo, no sólo a un cambio en el consumo. Una manera eufemística de decir lo mismo es pregonar “el uso racional” de los bienes de la tierra. Por ejemplo, la energía. Esta actitud implica necesariamente un aprovechamiento más eficiente de los recursos naturales. El caso del agua es sintomático.

El otro lado débil del consumismo es la basura: el exceso de consumo produce un exceso de basura y el problema de sus efectos: manejo, costes y contaminación.

Hay un problema de ética social en las dos crisis. Los orígenes de las crisis están en los países industrializados y, en particular, en el hemisferio norte. Pero las consecuencias afectan a todo el planeta. La crisis del ozono se manifestó en el extremo sur del planeta. Además, los países más pobres son aún más castigados por su vulnerabilidad ante los desastres causados por el CC, por su pobreza y la fragilidad de la defensa territorial.

Mucho se podría reflexionar sobre el rol ético de los recursos naturales renovables, como es el caso de los bosques: ¿el bosque, las selvas, son un recurso nacional o planetario? Para Inglaterra fue nacional, cuando de fomentar su desarrollo industrial se trató en el siglo XVII, pero hoy a los países amazónicos se les exige que sea considerado un recurso planetario. Evidentemente, el desarrollismo ciego y el conservacionismo radical son dos extremos nocivos.

Por tanto, la cooperación más que una dádiva es una necesidad y una reparación.

## Conclusiones

La crisis climática es más compleja, en las causas y en las soluciones, que la del ozono pero es también más extensa y peligrosa. Y aunque se trate de dos problemas científicos diferentes, no es posible excluir posibles vínculos entre la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global, por los efectos de este último sobre la recuperación del ozono que tiene la disminución de la temperatura en la estratosfera y otras relaciones no lineales en el complejo sistema climático.

En todo caso la educación es una de las claves de la solución: mayor conciencia individual, mayor presión colectiva para actuar. Pero es posible detectar también un clima de escepticismo y resignación, debido a la complejidad del problema y a la poca seriedad con que lo enfrentan los países responsables del cambio climático.

Hay, finalmente, un rol para la investigación (eficiencia, innovación tecnológica) y de la filosofía (comprender cuál es el papel del hombre en la Tierra y sus limitaciones) que precisa ser reforzado y aclarado, tanto en los países desarrollados como en los del Sur del planeta.

---

## Referencias bibliográficas

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Fourth Assessment Report (AR4)*.
- [2] Andrade M., *Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia* (2008) Revista Boliviana de Física 14, pp 42-49.



esta revista se edita con el auspicio de:



Embajada Británica  
La Paz



## **Próximamente...**

**Revista Virtual REDESMA  
Marzo 2010**

**TEMA: Plaguicidas**

**Se recibirá como colaboración artículos científicos, resultado de investigaciones específicas relacionadas con el tema, los que serán sometidos a la revisión y dictamen del Consejo Editorial. Se seleccionarán artículos de estudiantes universitarios, técnicos y profesionales, así como también de experiencias institucionales que se hayan desarrollado dentro de esta temática.**

**Se publicará:**

- **Reseñas de libros, revistas y otros documentos, además de programas de conservación e investigación.**
- **Tesis de maestría y doctorado relacionadas al tema.**
- **Semblanzas de instituciones académicas, instituciones de investigación, profesionales, comunitarias, etc.**

**Se destacará:**

- **Artículos publicados en revistas, libros y otros (citando adecuadamente su origen, autorías, derechos, etc.)**
- **Experiencias de colaboración entre diferentes actores.**

**Fecha límite para entrega de artículos, reseñas y colaboraciones:**

**28 de febrero de 2010**

**Envíos a: [revistaredesma@cebem.org](mailto:revistaredesma@cebem.org)**